

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

STUDIE CHOVÁNÍ RUČIČKY RYCHLOMĚRU PŘI DOPRAVNÍ NEHODĚ

STUDY OF SPEEDOMETER'S HAND BEHAVIOUR BY TRAFFIC ACCIDENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VÁCLAV POLNICKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Bc. MAREK SEMELA, Ph.D.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá možností určení nárazové rychlosti vozidel při dopravních nehodách. Přínosem práce má být zjištění, zda zaseknuté ukazatele rychloměru nebo otáčkoměru, popřípadě jejich otisk v matnici, mohou být použity při analýze dopravních nehod. Výsledkem tedy je formulace, zda jsou tyto informace věrohodné, popřípadě za jakých okolností platí.

Summary

This diploma thesis deals with the ability to determine impact speed of vehicles in traffic accidents. Thesis tries to find out whether jammed needle of speedometer and tachometer, as well as needle's imprint, could provide relevant informations for traffic accident analysis. The outcome is formulation, whether these informations are trustworthy, or under which circumstances are valid.

Klíčová slova

Dopravní nehoda, nárazová rychlost, zaseklý rychloměr, zaseklý tachometr, otisk rychloměru, otisk tachometru

Keywords

Traffic accident, impact speed, stuck speedometer, locked speedometer, jammed speedometer, speedometer's imprint

POLNICKÝ, V. *Studie chování ručičky rychloměru při dopravní nehodě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 75 s. Vedoucí Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl v seznamu zdrojů všechny použité zdroje.

Bc. Václav Polnický

Poděkování si zaslouží zejména vedoucí diplomové práce Ing. Bc. Marek Semela Ph.D. a Ing. Jiří Sojka ze společnosti Škoda Auto a.s., kteří mi svými nápady a připomínkami výrazně pomohli v řešení problémů spojených se závěrečnou prací.

Speciální poděkování patří Ing. Vlastimilu Rábkovi za odborné konzultace, které pomohly nasměrovat tuto diplomovou práci správným směrem.

Také děkuji p. Ing. Anetě Zatočilové za pomoc při 3D skenování, panu Ing. Michalu Bradovi za konstruktivní připomínky a poskytnutí potřebného vybavení.

Bc. Václav Polnický

Obsah

1 Úvod	3
2 Úvod do analýzy nehod	4
2.1 Zaznamenávací zařízení	4
2.2 Určení zpomalení vozidla	5
2.3 Zjišťování nárazové rychlosti	6
2.3.1 Dopředný výpočet pohybu	6
2.3.2 Zpětný výpočet pohybu	6
2.3.3 Zjišťování deformační energie	6
2.3.4 Poškození okolí vozidla	7
2.3.5 Bezpečnostní pásy	7
3 Úvod do problematiky ukazatelů rychlosti	9
3.1 Legislativní požadavky - předpis EHK/OSN č.39	9
3.1.1 Dovolená nepřesnost rychloměru	9
3.1.2 Parametry vozidla a příslušenství při homologačním testování	9
3.1.3 Parametry homologačního testování	9
3.2 Problematika odvalování kola	10
3.2.1 Legislativní požadavky na pneumatiky	10
3.2.2 Rotace kola	11
4 Ukazatele rychlosti	15
4.1 Historie	15
4.2 Analogový ukazatel s mechanickým pohonem	15
4.3 Digitální ukazatele	16
4.3.1 Head up display	16
4.3.2 Zobrazení dodatečných informací	17
4.3.3 MaxiDOT	18
4.4 Analogové ukazatele s elektrickým pohonem	19
4.4.1 Krokové motory	20
4.4.2 Snímače otáček	22
4.4.3 Datová sběrnice	24
5 Dosavadní zkoumání tachometrů při dopravní nehodě	26
5.1 Konference Katovice, PL	26
5.1.1 Sledované parametry	26
5.1.2 Testování	26
5.1.3 Závěr vyvozený A. Kuranowskim	27
5.2 Zkoumání mechanického poškození rychloměru	27
5.2.1 Zkoumání poškození matnice při reálné nehodě	28
6 Příklady nehod se zaseknutým rychloměrem	31
6.1 Škoda Roomster - Actross	31
6.2 Škoda Fabia I - Škoda Octavia I	33
6.3 Škoda Octavia II - Scania	34

6.4	Renault 19 - Škoda Fabia I	36
6.5	Škoda Favorit - MAN	37
6.6	Škoda Octavia II - Opel Meriva	38
6.7	Dodge Caliber - Seat Leon	39
6.8	Nehoda Princezny Diany	40
6.9	Škoda Favorit - Motocykl Yamaha	41
6.10	Peugeot 407 - Citroën Berlingo	42
6.11	Renault Megane - Mercedes Benz A	43
6.12	Škoda Octavia - Fiat Doblò	44
6.13	Toyota Hiace - Motocykl Suzuki	45
6.14	Ford Focus - Citroën Xsara	46
6.15	Daewo Matiz - strom	47
6.16	VW Golf	48
6.17	Shrnutí kapitoly	49
7	Testování komponentů sdruženého panelu přístrojů	53
7.1	Testování na simulátoru panelu přístrojů	54
7.2	Vlastnosti ručičky	55
7.2.1	Určení těžiště ručičky	56
7.3	Testování tachometru se šnekovou převodovkou	57
7.3.1	Měření momentu pro pootočení ručičky	58
7.4	Testování tachometru bez šnekové převodovky	61
7.5	Testování otisku ručičky na matnici	62
8	Řešení konkrétní nehody	65
9	Závěr	67
10	Seznam použitých symbolů	74
11	Seznam příloh	75

1. Úvod

Úkolem diplomové práce je zjištění možné souvislosti nárazové rychlosti vozidla a rychlosti zaseknuté na jeho rychloměru. Bude provedeno srovnání v současnosti používaných systémů pro zobrazování rychlosti v zorném poli řidiče. Zabývat se bude také legislativními požadavky na přesnost rychloměru a způsobu jeho zkoušení v rámci homologačních zkoušek. Bude prozkoumán vliv vlastností pneumatiky na zobrazovanou rychlost.

Vyšetřován bude taktéž signál z čidel ABS, jeho vyhodnocení v řídicí jednotce a zejména samotný pohyb ručičky rychloměru vyvolaný krokovým motorkem.

Experimentální část práce se zabývá kinematikou ručičky, experimentálního zjištění potřebného zrychlení, které povede k pohybu ručičky rychloměru z referenční polohy.

Vyšetřována bude také možnost otisku ručičky do matnice, a to z tachometru z crash testu, stejně tak jako tachometru z reálných nehod.

Výstupem práce by měla být informace, zda zaseknutá rychlost nebo otisk na matnici odpovídá reálné nárazové rychlosti. Z toho by mělo vyplývat doporučení pro znalecké posuzování dopravních nehod.

2. Úvod do analýzy nehod

V české republice se analytika silničních nehod posuzuje zejména podle příruček a znaleckých standardů vydaných Ústavem Soudního Inženýrství VUT. [1]

Nejčastější problémy řešené znalci jsou :

- zjišťování rychlosti vozidel – předstřetová, střetová a postřetová
- zjišťování místa a času reakce účastníků nehody
- určení podélné a příčné polohy vozidel, způsob a průběh střetu
- určení polohy posádky vozidla (kdo vozidlo řídil)
- stanovení možností odvracení střetu
- technické závady na vozidle

Průběh nehody a rychlost vozidel bývá odvozena na základě postřetové polohy, zanechaných stop na vozovce, poškození vozidel a pod. Další možností je odhad na základě rozložení střepin, zranění chodce, poškození okolí, což může být například poškození dopravního značení, stromů, budov.

2.1. Zaznamenávací zařízení

Výraznou pomocí při analýze střetu by byla známá předstřetová či nárazová rychlost.

V USA je do nových vozů povinně instalován systém EDR (Event Data Recorder). Tento systém funguje tak, že "spí" a zaznamenává mimo jiné i údaje o rychlosti. Toto se děje v cca 10s smyčce, kdy se data přepisují. Při nehodě (například vystřelení airbagů) se smyčka uzavře a data za posledních pár sekund zůstanou uložena.

Evropská Unie

Evropská komise si na toto téma nechala vypracovat dvě studie pod názvem VERO-NICA (2009). Jedna se zabývá technickými možnostmi takového zařízení. Ta druhá pak účelovostí takového zařízení v evropském provozu.

Bylo zjištěno, že převzetí modelu z USA není zcela vhodné. V USA je naprostá většina nehod typu vozidlo-vozdlo. V Evropě je však situace jiná, protože komunikace jsou plné motocyklistů, cyklistů a chodců. Při nehodách s těmito zranitelnými účastníky provozu pak vzniká problém, jak celý systém aktivovat ([22], s 53). V dnešní době však přichází vozidla s aktivními kapotami a různými úpravami na ochranu chodců, tak by problém aktivace systému neměl být překážkou.

Největším netechnickým problémem EU je však problematika osobních údajů, a právo člověka (řidiče) odmítnout vypovídat (a poskytovat důkazy) v jeho neprospěch.

2.2. Určení zpomalení vozidla

Při analýze pohybu je důležité správné určení zpomalení v průběhu brzdění, popřípadě v průběhu postřetového pohybu. Na maximální brzdné zpomalení a má vliv zejména součinitel adheze μ . Teoretické maximální zrychlení či zpomalení při přímé jízdě na rovině je vyjádřen rovnicí 2.1, kde g je gravitační zrychlení.

$$a = g \cdot \mu \quad (2.1)$$

Střední plné brzdné zpomalení je dáno předpisem EHK/OSN 13 a EHK/OSN 13-H [?ehk13cz?], [29]. Pro osobní vozidla má být nejméně $5,8 \text{ m/s}^2$, pro užitková a autobusy $5,0 \text{ m/s}^2$. To platí za předpokladu dostatečné adheze.

Střední plné brzdné zpomalení s dle normy počítá ze vzorce 2.2

$$d_m = \frac{v_o^2 - v_e^2}{25,92 \cdot (s_e - s_b)} [\text{m/s}^2] \quad (2.2)$$

kde v_o je původní rychlost [km/h], v_b je 80 % v_o , v_e je 10 % v_o , s_b je dráha [m], kterou vozidlo ujede mezi v_o a v_b , s_e je dráha [m], kterou vozidlo ujede mezi v_o a v_e .

Tabulku středního plného zpomalení vozidel na rozdílných površích, s porovnáním výsledků různých autorů lze nalézt například v [2], str. 342. Dále tam jsou uvedeny tabulky plného brzdného zpomalení (str. 385-391) a zrychlení při akceleraci (379-385) pro různé kategorie osobních vozů.

Adhezní součinitel

Skutečný adhezní součinitel se mění dle klimatických podmínek, záleží na charakteru povrchu vozovky i dezéhu a směsi pneumatiky. Je proto vhodné změřit pro každý zkoumaný případ zvlášť. Rozdílné hodnoty budou na rovném přímém úseku, v zatáčce se starším povrchem s obroušeným kamenivem, popř. před přechodem, kde bývá největší opotřebení vozovky. Vliv mají také unikající provozní kapaliny v místech, kde dochází k častému zastavení vozidel (křižovatky).

Brzdné stopy

Zanechané stopy jsou jedny z nejdůležitějších důkazů o průběhu nehody. Stopy pneumatik na vozovce se vyskytují při skluzu. Hranice, při které začnou pneumatiky zanechávat stopy na vozovce není pevně daná, dokonce i jednotliví autoři uvádějí rozdílné hodnoty. U nákladních vozidel by hraniční zpomalení mělo být kolem 4 m/s^2 , u osobních vozidel od $6,2 \text{ m/s}^2$ do $9,9 \text{ m/s}^2$. Proto je vhodné provést měření v místě nehody za stejných klimatických podmínek.

Systémy **ABS** udržují hodnotu skuzu v oblasti, která je kompromisem pro dostatečně velké přenesení podélných i příčných sil. Zásadní výhodou je ovladatelnost vozidla i při plném brzdění. Vedlejší efekt je absence zřejmých brzdných stop, z důvodu malých hodnot skluzu. ABS je od r. 2007 povinnou výbavou vozidel nově registrovaných v EU, od r. 2016 má být povinné i pro motocykly se zdvihovým objemem nad 50 cm^3 . Od r. 2013 bude povinnou výbavou také ESP.

Oblast skluzu, ve kterém pracuje ABS je zřejmý z obrázku 4.15

2.3. Zjišťování nárazové rychlosti

2.3.1. Dopředný výpočet pohybu

Tato metoda je používána za podpory simulačních programů jako PC-Crash, Virtual CRASH a jiné. Kombinací vstupních parametrů se snažíme dostat k výsledku zkoumaného střetu (deformace, poloha).

2.3.2. Zpětný výpočet pohybu

Metoda zpětného odvíjení děje vychází z konečných poloh vozidel. Je nutno zjistit výběhovou rychlost, tj. rychlost objektů těsně po střetu. Dále je potřeba analyzovat změnu parametrů (poškození, rychlost, poloha) vlivem střetu. Až poté se analyzuje předstřetový pohyb. Tato metoda je používána zejména při ručním řešení, eventuálně za pomoci PC, ale bez speciálních simulačních programů. Při tomto výpočtu se nejčastěji vychází z následující rovnice 2.3.

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2 \cdot a \cdot s} \quad (2.3)$$

kde v_1 je počáteční rychlost, a je zrychlení, a s je dráha, na které vozidlo zrychlovalo. v_2 je konečná rychlost.

2.3.3. Zjišťování deformační energie

Metoda určování deformační energie z EES (equivalent energy speed) je založena na porovnávání deformace vozidel. Za předpokladu známé tuhosti karoserie lze z práce stykových sil deformační energii vypočítat. Problém však jsou údaje o tuhosti karoserie, které jsou tajné (pokud je výrobce vůbec zná). Většina automobilek totiž konstruuje a testuje vozidla pouze pro určité typy nárazových zkoušek, v Evropě odpovídající crash testům EuroNCAP. Tuhost karoserie není konstantní, ale zjednodušeně se dá říct, že tuhost roste s druhou mocninou deformace [46]. To ovšem platí pro deformace pohybující se řádově v oblasti deformací při bariérových zkouškách. Pokud dojde k velké deformaci, například prostoru pro posádku, tuhost strmě narůstá a správné určení deformační energie je komplikované. Navíc katalogy EES mnohdy neobsahují požadované vozidlo s požadovaným poškozením.

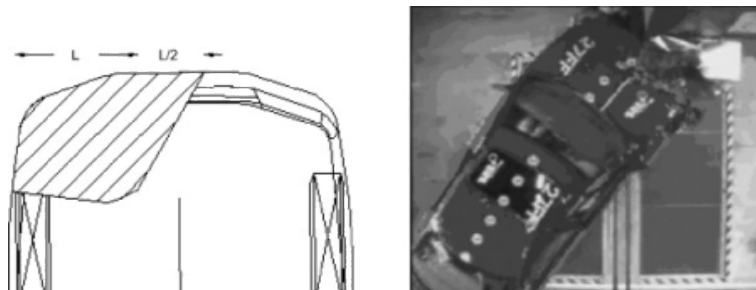
Porovnávání vozidla by měla odpovídat typem, hmotností, rozměry, tuhostí karoserie, zatížení nákladem. Deformace referenčního vozidla a jeho EES lze najít v katalozích, např. <http://ees-catalog.com>

Hodnota EES je nejčastěji brána z výsledků nárazových zkoušek, kdy je rozjeté vozidlo zastaveno bariérou, tudíž většina kinetické energie vozidla je přeměněna na deformační energii. Nesmí se však zapomínat na elastickou deformaci vozidla a bariéry.

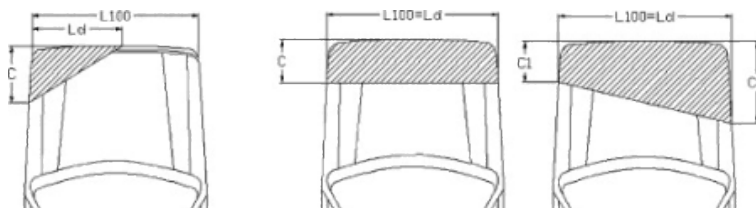
Nevýhodou jednoduchého vizuálního porovnání deformací je fakt, že málokdy je v katalogu dané vozidlo deformováno stejně jako zkoumané vozidlo.

Pro porovnávání různých deformací daného typu vozidla lze použít metodu uvedenou například v [46]. Většina deformací (přední části) vozidla lze aproximovat do tvaru trojúhelníku, obdélníku či lichoběžníku. Deformace vozidla je pak dána pouze dvěma konstantami, a to hloubkou deformace C a její šířkou L_d . Pokud jsou známa data například

z crash testu s 40 procentním přesazením, lze za pomoci ekvivalentního tvaru určit deformační energii při střetu za jiné rychlosti a při rozdílném tvaru deformace. Ekvivalentní geometrií se nemyslí geometrie stejného tvaru a plochy, ale bere v potaz, že stejná plocha při větší deformaci pohltí větší energii. Pohlčená energie je úměrná druhé mocnině hloubky deformace (pro běžné deformace).



Obrázek 2.1: Ekvivalentní geometrie (obdélík + trapezoid) pro čelní střet s 40% přesazením [46]



Obrázek 2.2: Ekvivalentní geometrie: trojúhelník, obdélík, trapezoid [46]

Dalším způsobem určení tuhosti karoserie je pomocí zpomalení při nárazu. Data jsou získávány buď z videonahrávek rychlokamer či akcelerometrů. [48]

2.3.4. Poškození okolí vozidla

Vliv na zpomalení vozidla při střetu má nejen kontakt s dalším vozidlem, ale také kolize s okolím vozidla. Tím může být například svislé dopravní značení, svodidla, pouliční osvětlení, semaforey, ploty, budovy a stromy.

2.3.5. Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy mají za úkol v případě nehody či nestandardního brzdění udržet tělo cestujícího na místě. Na první pohled musí plnit protichůdné požadavky, a to možnost jednoduchého zapínání, nastavení jejich požadované délky a zejména jejich schopnost udržet tělo při velkých zpomaleních.

Samonavíjecího zařízení jsou konstruována převážně na základě dvou principů. Blokování může nastat při zrychlení vytahování popruhu, nebo při zpomalování vozidla. Podle požadavků EHK má být blokovací zařízení uvedeno v činnost při zpomalení vozidla 0,4 g nebo při vytažení popruhu se zrychlením 0,6 g.

Čidla aktivují po nárazu předpínací zařízení, čímž vůle v pásu je nulová a pás je předpnut během doby 0,008 až 0,012 s silou 3 až 5 kN. Ke zmenšení volné dráhy cestujícího (dopředného přemístění) v průběhu nárazu se používá předepnutí bezpečnostních pásů. Předpínací zařízení může být mechanické, pyrotechnické nebo hydraulické.

2.3. ZJIŠŤOVÁNÍ NÁRAZOVÉ RYCHLOSTI

V případě nehody je z biomechanického hlediska žádoucí, aby decelerace těla nepřesáhla určitou hodnotu. K tomuto účelu se používají omezovače síly v zadržovacím systému. Omezení zádržné síly je možné:

1. Plastickou deformací-výměnná torzní tyčka
2. Suchým třením- třecí obložení
3. Destrukci pásu- trhací šev v pásu

Omezovače musí být dimenzovány pro každý typ vozidla zvlášť, neboť každé poskytuje rozdílný dopředný prostor, ve kterém se cestující může bezpečně pohybovat.

Mezi důležité stopy, které by při obstarávání důkazů neměly být zapomenuty, jsou detailní fotografie zádržných systémů. Lehké poškození pásu může být způsobeno běžným provozem.

U změny rychlosti pod 25 km/h nebylo na pásech ani uchycení pozorována žádná deformace, tudíž při těchto rychlostech není třeba zádržnému systému věnovat zvláštní pozornost. U rychlosti 40 km/h dochází k přetvoření a rýhám v horním průvlečném oku, u změny od 80 km/h již může dojít k natržené pásu [21].

V literatuře autor Rábek [20] uvádí: *"Stav zádržného systému jednotlivých značek či dokonce typů vozidel po dopravních nehodách může být různý a to navíc ještě je tento stav odvislý od intenzity, směru a lokalizace nárazu a také od hmotnosti upoutané osoby"*. Účinnost zádržného systému může být snížena v zimních měsících kdy větší vrstvy oblečení způsobují větší povytažení pásu. Při nehodě se pak zvětšuje prostor, kam připoutané tělo zasahuje.

Z toho je zřejmé, že **ze stavu bezpečnostních pásů nelze objektivně odvodit intenzitu nárazu** .

3. Úvod do problematiky ukazatelů rychlosti

3.1. Legislativní požadavky - předpis EHK/OSN č.39

Směrnice 97/39/ES z r. 1997 aktualizuje směrnici 75/443/EHS z r. 1975 týkající se rychloměrných zařízení motorových vozidel. Předpis přináší jednotná ustanovení pro schvalování vozidel vozidel kategorií L, M a N.

3.1.1. Dovolená nepřesnost rychloměru

Dle odstavce 4.4 směrnice 97/39/ES [26], [27] je povolená nepřesnost definována následujícím vzorcem.

$$0 \leq V_1 - V_2 \leq \frac{V_2}{10} + 4 \text{ km/h} \quad (3.1)$$

kde V_1 je rychlost na rychloměru a V_2 je reálná rychlost. (v km/h)

3.1.2. Parametry vozidla a příslušenství při homologačním testování

Vozidlo má být vybaveno standardně montovanými pneumatikami. Tím se myslí typ nebo typy pneumatik uvedené v dokumentech připojených ke směrnici 70/156/EHS, jimiž výrobce vybavuje konkrétní typ vozidla. Zimní pneumatiky se nepovažují za standardně montované pneumatiky.

Předepsán je taktéž standardní provozní tlak. Jedná se o tlak nahuštění za studena stanovený výrobcem vozidla zvýšený o 0,2 baru. (eliminace zahřátí při testu)

Zkoušky se provádí s vozidlem o provozní hmotnosti. To znamená nenaložené vozidlo s provozními náplněmi (chladící kapalina, palivo, mazivo), náhradním kolem (pokud je jím vozidlo vybavováno) a řidičem o hmotnosti 75 kg (bez spolujezdce).

Rychloměr musí být umístěn v zorném poli řidiče, čitelný i v noci. Stupnice musí být čitelná. Stupňování musí být po 1, 2, 5 nebo 10 km/h, s uvedením rychlostí o násobcích 20 km/h

3.1.3. Parametry homologačního testování

Test je proveden na suché rovné trati s dostatečnou adhezí, měřicí přístroj pro určení skutečné rychlosti musí mít přesnost $\pm 1 \%$. Teplota prostředí rychloměru musí být $23 \pm 5^\circ\text{C}$. Vozidlo je zkoušeno v různých rychlostech uvedených v tabulce 3.1 v závislosti na výrobcem uváděné maximální rychlosti. Tlak v pneumatice se kontroluje při každém testu.

3.2. PROBLEMATIKA ODVALOVÁNÍ KOLA

Tabulka 3.1: Tabulka testovacích rychlostí při testech přesnosti rychloměru

Výrobce udávaná maximální rychlost V_{MAX} (km/h)	Testovací rychlost (km/h)
$V_{MAX} \leq 45$	80% V_{MAX}
$45 \leq V_{MAX} \leq 100$	40 km/h a 80% V_{MAX}
$100 \leq V_{MAX} \leq 150$	40 km/h, 80 km/h a 80% V_{MAX}
$150 \leq V_{MAX}$	40 km/h, 80 km/h a 120 km/h

3.2. Problematika odvalování kola

3.2.1. Legislativní požadavky na pneumatiky

Jednotné ustanovení pro homologaci pneumatik motorových vozidel a jejich přívěsů upravuje směrnice EHK 30 z r. 2007 [28] ve znění pozdějších předpisů. Upravuje mimo jiné vlastnosti pneumatik v oblasti rozměrů, popisů a rychlostních a hmotnostních charakteristik.

Pro potřeby diplomové práce je nejdůležitější část o povolených rozměrových úchylnkách pneumatik.

Povolené vnější rozměry pneumatik se dle normy počítají z následujících vztahů 3.3 a 3.4

$$H = \frac{S1 \cdot Ra}{100} \quad (3.2)$$

$$D_{min} = d + (2 \cdot H \cdot a) \quad (3.3)$$

$$D_{max} = d + (2 \cdot H \cdot b) \quad (3.4)$$

kde H je výška profilu v mm, $S1$ je šířka pneumatiky v mm, Ra je výška profilu v procentech. D_{min} a D_{max} jsou minimální a maximální průměry pneumatiky. d je průměr ráfku v mm, a a b jsou konstanty, dle normy $a=0,97$, $b=1,04$ pro radiální a dojezdové pneumatiky, $b=1,08$ pro diagonální pneumatiky

Příklad rozměrů pneumatik uváděných výrobcem Škoda Auto a.s.

Rozměry pneumatik dodávané výrobcem pro prodávaná vozidla s uvedením jmenovitého obvodu a procentuální rozdíl mezi pneumatikami dodávanými pro daný typ vozidla. Dále pak rozměry D_{min} a D_{max} dle 3.2.1, a procentuální rozdíly v těchto hodnotách pro jednotlivé referenční rozměry pneumatik jsou uvedeny v tabulce 3.2

3. ÚVOD DO PROBLEMATIKY UKAZATELŮ RYCHLOSTI

Tabulka 3.2: Rozměry pneumatik dodávané výrobcem pro dané vozidla [14], [13]. V tabulce jsou udávány nominální rozměry, teoretický obvod pneumatiky v nezatíženém stavu. Odchylka představuje procentuální variaci nominálních obvodů vzhledem k největšímu z nich. Hodnoty D_{min} a D_{max} vychází z povolených úchylek rozměrů pneumatik. Jejich procentuální odchylky od nominálního rozměru jsou uvedeny pod označením ΔD_{min} a ΔD_{max} . Δ celk. pak označuje celkovou toleranci rozměrů pneumatik dle předpisu EHK 30.

Vozidlo	Obvod [mm]	Odchylka [%]	D_{min}	D_{max}	ΔD_{min}	ΔD_{max}	Δ celk. [%]
Škoda Superb II							
205/55R16	1984,2	7,0	625,1	640,9	-1,1	+1,4	2,5
225/55R17	2133,0	0,0	671,9	689,2	-1,1	+1,5	2,6
205/50R17	1999,6	6,3	630,7	645,0	-1,0	+1,3	2,3
225/45R17	1991,7	6,6	628,2	642,4	-1,0	+1,3	2,3
225/40R18	2000,8	6,2	631,8	644,4	-0,9	+1,1	2,0
Škoda Fabia II							
155/80R13	1815,5	2,9	570,8	588,1	-1,3	+1,7	3,0
185/60R14	1813,7	3,0	570,9	586,5	-1,2	+1,5	2,7
195/55R15	1869,9	0,0	589,1	604,1	-1,1	+1,4	2,5
205/45R15	1775,7	5,0	560,0	572,9	-1,0	+1,3	2,3
205/45R16	1855,4	0,8	585,4	598,3	-1,0	+1,2	2,2

Vzhledem k EHK 30, dovolené úchylny vnějšího průměru pneumatiky dle rovnic 3.3, 3.4 se mohou v případě letních radiálních pneumatik lišit o 2-3%. Důležité však je, že povolené odchylky se pohybují většinou od -1,0 % do +1,5%. Tudíž skutečný rozměr pneumatiky bude nejspíš o něco málo větší, než nominální rozměr. V případě zimních pneumatik to může být o další 1% více.

U uvedených pneumatik se nominální obvod kola mění až o 7% v případě Škody Superbu II, resp 5% v případě Škody Fabie II. Proto je vhodné v případě změny rozměru disků a pneumatik softwarově změnit konstanty pro výpočet rychlosti vozidla. V případě tachometru se udává konstanta pro tachometr: obvod kola (mm) a konstanta pro počítadlo km (počet impulsů/1000 m). Kalibrace se provádí za použití diagnostických přístrojů na adresách uvedených v tabulce 4.1

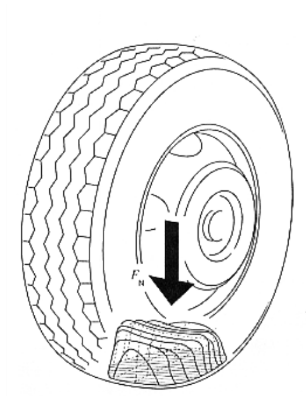
3.2.2. Rotace kola

Pro určení translační rychlosti vozidla z frekvence otáčení kola je nutno přihlídnout mimo jiné k faktu, že poloměr pneumatiky není konstantní. V principu je nutno brát v potaz statický a dynamický poloměr kola.

Statický poloměr

Statický poloměr je vzdálenost od středu kola k rovině, na které kolo stojí, je-li vozidlo v klidu. Hodnotu poloměru ovlivňuje hloubka dezénové drážky, tlak v pneumatice a zatížení vozidla.

3.2. PROBLEMATIKA ODVALOVÁNÍ KOLA



Obrázek 3.1: Rozložení tlaku pneumatiky na vozovku [25]

Dynamický poloměr

Dynamický poloměr je počítán z dráhy, kterou běhoun pneumatiky urazí za jednu otáčku.

Poloměr se z dráhy spočítá následujícím vzorcem.

$$R_d = \frac{O}{2\pi i} \quad (3.5)$$

Rozměry kola závisí na opotřebení, teplotě, tlaku, zatížení vozidla a nominálních rozměrech pneumatiky.

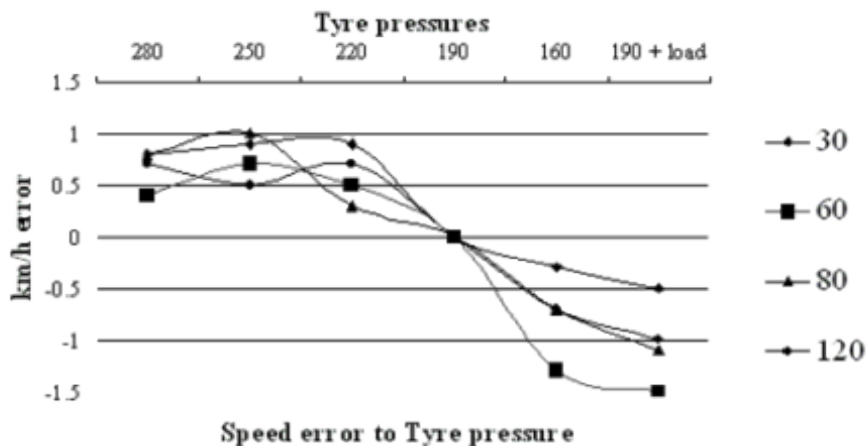
Parametry pneumatiky ovlivňující indikovanou rychlost

Následující odstavec je převzat z výzkumu provedeného v letech 2003 a 2004 v Monash University Accident Research Centre, Austrálie [30], [31].

Indikovaná rychlost lze měřit jako čas potřebný k překonání známé vzdálenosti, nebo na válcové zkušebně. Testování bylo prováděno na válcové zkušebně, válce nesimulovaly jízdní odpory, což pomohlo eliminovat skluz a zejména zahřívání pneumatiky. I tak se pneumatiky zahřívaly, a nárůst tlaku oproti studenému stavu byl 30 kPa.

Vliv na zobrazovanou rychlost má zejména skluz pneumatiky s vozovkou a rozměry pneumatiky. Ty závisí zejména na rozměrech použitého disku a referenčních rozměrech pneumatiky. Výzkum však ukázal, že skutečné rozměry se liší i mezi výrobci, a to o 1,5 %. Další okolnosti ovlivňující rozměry je opotřebení pneumatiky, její tlak (a jeho zvýšení v důsledku zahřívání) a obvodová rychlost běhounu. Materiál výztuže (ocel / nylon) má největší vliv při vysokých rychlostech, kde odstředivé síly lépe eliminuje ocelová výztuž běhounu. Výzkum byl prováděn na válcové zkušebně se dvěma válci, tudíž je nutno vzít v úvahu i rozdílné deformace pneumatik při styku s rovnou vozovkou a při styku s válci. Pro ekvivalentní porovnání je nutno pneumatiku přifouknout o 30 kPa. Bylo vypořádováno, že nedostatečný tlak v pneumatice byl kompenzován odstředivými silami při rychlostech nad 120 km/h.

3. ÚVOD DO PROBLEMATIKY UKAZATELŮ RYCHLOSTI



Obrázek 3.2: Vliv tlaku pneumatiky na úchylku indikované rychlosti [30]

Testovaná pneumatika Dunlop Monza 205/65R15 má vzorek hluboký 7 mm (na indikátory opotřebení), což znamená že během životnosti se obvod mění v rozmezí 2%. Při 160 km/h se vlivem odstředivých sil zvětšil dynamický poloměr o 3,5 mm, což je rozdíl 1,1%.

Tabulka 3.3: Statický a dynamický obvod při změně zátěže a tlaku [30], [31]

Zátěž	Tlak [kPa]	$R_{staticky}$ [mm]	Obvod při $R_{staticky}$ [mm]	Obvod dynamický [mm]
Ano	220	320	2011	x
Ne	220	295	1854	1966
Ne	190	290	1822	1908

Z tabulky 3.3 plyne, že dynamický obvod se změní o 0,7% pouze při zahřátí pneumatiky na provozní teplotu. Jen pro zajímavost, schopnost řidiče správně určit zobrazovanou rychlost záleží nejen na čitelnosti ukazatele, ale i tzv. parallax error. Každý člověk má jiné dominantní oko, což způsobuje i odlišné odečtení ze stupnice.

Závěr

Závěrem je, že větší opotřebení pneumatik a jejich nižší tlak ústí ve větší indikovanou rychlost. Naopak zahřátí pneumatik s korespondujícím nárustem tlaku vede k nižší zobrazené rychlosti. Nedostatečný tlak je eliminován odstředivou silou při velkých rychlostech, při kterých se dle tabulky 3.1 testy již neprovádí.

Celková úchylka rychlosti odvalování kola s daným nominálním rozměrem tedy může být:

- - 1,0 až + 1,5 % jako rozptyl rozměrů výrobců (dle tab. 3.2),
- -2% jako vliv opotřebení,
- +1,1 % jako vliv odstředivých sil (nad 160 km/h),
- - 1% jako vliv podhuštění pneumatiky
- +1% jako přídavek pro zimní pneumatiky

3.2. *PROBLEMATIKA ODVALOVÁNÍ KOLA*

K tomu je nutno připočítat možnost montáže rozdílných velikostí pneumatik. Jako příklady byly v tab. 3.2 uvedeny rozměry povolených pneumatik na vozidla Škoda Superb II a Fabia II, kde odchylka nominálního poloměru byla 7% u Škody Superb II, a 5% u Škody Fabia II.

4. Ukazatele rychlosti

4.1. Historie

S rostoucím počtem automobilů, nehod a rychlostí převyšující rychlost kočáru taženého koňmi, řidiči nedokázali správně odhadnout svou rychlost. Navíc začaly platit rychlostní limity. Aby řidič byl schopen odhadnout, zda jede rychle či nikoli, byla zde potřeba zařízení pro indikaci rychlosti.

Pokusy o indikaci rychlosti se objevily kolem r. 1835 pro účely železnic, avšak nebyli použitelné pro automobily. Elektronický rychloměr, pracující na bázi výřivých proudů, vynalezl a 7.10.1902 patentoval Otto Schulze.

Jako standartní vybavení byl rychloměr montován cca od roku 1910 (například Ford Motor Co.).

Až v polovině dvacátého století byl pro potřeby autobusové dopravy vyvinut systém, který eliminoval dlouhý rotující drát. Signál byl přenášen elektricky a to tak, že dynamo (v převodovce či rozvodovce) produkovalo proud, který poté roztáčel elektromotorek v přístrojové desce. Na podobném principu s dynamem fungoval taktéž systém, který jako rychloměr používal cejchovaný voltmetr. (taktéž vyvinut firmou VDO - od r. 2001: Siemens VDO Automotive A.G.).

V osmdesátých letech minulého století byly mechanické počítadla ujeté vzdálenosti nahrazeny LCD, a o pohon rychloměru a otáčkoměru se starají krokové motorky, popřípadě LCD zobrazující čísla či různé grafické obrazce. [42]

4.2. Analogový ukazatel s mechanickým pohonem

V případě pohybu vozidla, kdy jsou v pohybu elementy převodovky (nebo v případě motocyklu samotné kolo), je jejich rotační pohyb přenášen do rychloměru. Na flexibilním lanku je umístěn permanentní magnet. Rotující magnet vytváří točivé magnetické pole, které produkuje vířivé proudy v malém kovovém pohárku či destičce. Mění se magnetické pole produkuje točivý moment na pohárku, na kterém je připevněn ukazatel analogového rychloměru. Pohárek je přidržován pružinou. Čím rychleji se magnetické pole mění, tím většího momentu se dosahuje, což vede k většímu vychýlení ukazatele. Ukazatel se bude pohybovat do té doby, než bude v rovnováze moment vyvolaný vířivými proudy s momentem vyvolaným pružinkou. Protože velikost vířivých proudů je úměrná otáčkám a tuhost pružiny je konstantní, deformace pružiny je úměrná vířivým proudům, úhel natočení ukazatelu je úměrný otáčkám, resp. v našem



Obrázek 4.1: Rychloměr s počítadlem ujeté vzdálenosti z r. 1908 [42]

4.3. DIGITÁLNÍ UKAZATELE

případě rychlosti. Vratná prutužina je kalibrována vzhledem k převodovým poměrům ve vedení náhonu tachometru, převodovým poměrům v diferenciálu a velikosti kol.

4.3. Digitální ukazatele

Elektronické systémy, na rozdíl od těch s výřivými proudy, jsou vybaveny senzorem. Signál je dopravován a upravován elektronicky. jak bylo popsáno v 4.1,

Zobrazení rychlosti je promítnuto na panelech s tekutými krystaly (LCD), popř. promítnuty přímo na čelní sklo automobilu: tzv. Head-up displeje (4.3.1). Další možností je elektronický pohon analogové ručičky, což bude popsáno v 4.4.

V dnešní době se pro rychlost vozidla využívají signály ze senzorů ABS. Pulzy jsou v řídicí jednotce přepočítány na rychlost, která je zobrazena na digitálním či analogově vypadajícím ukazateli. U vozidel, které byly uvedeny na trh před r. 2007 byl signál rychlosti snímán speciálním čidlem ve skříni převodovky (pro koncern pod názvem G22). Tento společně s různými druhy snímačů ABS budou prozkoumány v kapitole 4.4.2

Digitální rychloměry se začaly používat v luxusnějších verzích na konci osmdesátých let, zejména v USA, v menší míře také v Evropě.



Obrázek 4.2: Digitální ukazatele Chevrolet Brazer S-10, r.v. 1991 [32]

4.3.1. Head up display

Jedná se o zařízení, které promítá potřebné údaje na čelní sklo. Tím se zvyšuje aktivní bezpečnost, neboť řidič nemusí odklánět zrak z vozovky a vždy ji může sledovat, alespoň periferně.

Head Up Display (HUD) byl prvně používán ve stíhacích letadlech, kde je neustálý přehled o dění v okolí letadla doslova otázkou života a smrti.

V automobilech se HUD používal od konce osmdesátých let, zejména ve sportovních vozidlech v Americe a Japonsku. Jednalo se například o vozy Chevrolet Corvette (na obrázku 4.3), Nissan 240SX (1989-1994) [38]. V Evropě bylo prvním výrobcem BMW

až v roce 2003. Je nutno upozornit, že HUD běžný ukazatel rychlosti pouze doplňuje, ale nenahrazuje.



Obrázek 4.3: HUD při pohledu z místa řidiče Chevroletu Corvette C6 [39]



Obrázek 4.4: HUD s navigačními údaji v BMW X3 [40]

Informace jsou promítány přes speciálně tvarované zrcadla, které jsou, spolu se zdrojem světla, umístěny v přístrojové desce.

V dnešní době jsou Head-up displeje vybavována i běžná vozidla. Zobrazované informace mohou být například rychlost, otáčky motoru, množství paliva. BMW M5 z r. 2005 mělo tříbarevný display, který uměl zobrazovat i zařazený rychlostní stupeň [41]. S nástupem moderních vymožeností a zejména navigace není výjimkou zobrazení maximální povolené rychlosti a instrukce navigačního systému. (na obrázku 4.4).

4.3.2. Zobrazení dodatečných informací

Jeden centrální LCD nahradil více menších, které zobrazovaly čas, celkový stav ujetých km, denní počítadlo. Podle výbavy vozidla a přání zákazníka může být vozidlo vybaveno propracovanějším displayem, ve společnosti Škoda Auto a.s. označované jako MFA, popřípadě celografický display označovaný jako Maxi-DOT.

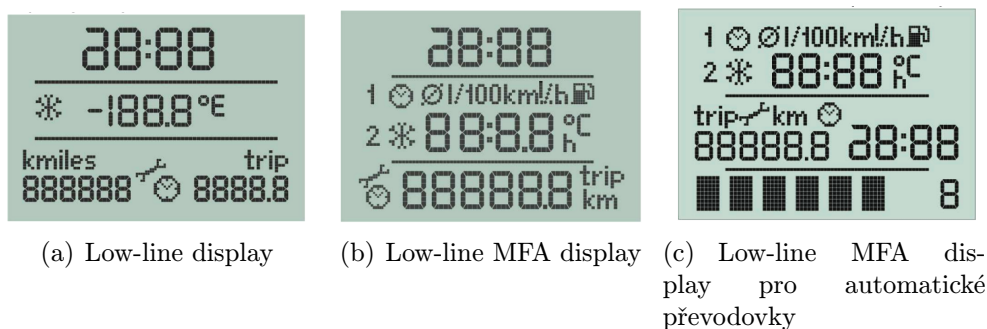
MFA

Mezi rozšířené funkce vícefunkčního displeje (MFA) patří možnost zobrazení venkovní teploty, okamžité spotřeby, průměrné spotřeby, dojezdu, průměrné rychlosti a času jízdy. Zobrazované informace volí řidič ovladačem MFA L / MFA R.

1. Průměrná rychlost- Vypočítaná po dobu zapnutí zapalování. Po vynulování se objeví první hodnota po 100 m.

4.3. DIGITÁLNÍ UKAZATELE

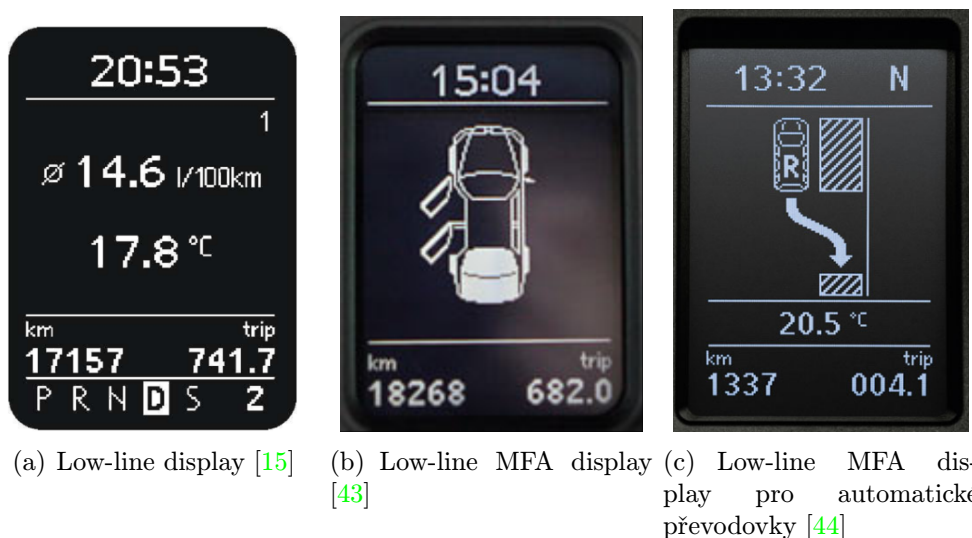
2. Průměrná spotřeba- Zobrazená hodnota je v l/km. Po vynulování se první hodnota objeví po 300 m, aktualizována je po 2 s.
3. Čas jízdy- Zobrazena je doba zapnutí zapalování
4. Ujetá vzdálenost- Zobrazena v km.
5. Venkovní teplota- Zobrazuje teplotu v rozlišení $0,5^\circ C$ (pokud je vozidlo senzorem vybaveno)
6. Dojezd- Zobrazené hodnota s rozlišením 10 km. Jako spotřeba je brána průměrná hodnota za posledních 50 km.
7. Okamžitá spotřeba- Zobrazována v l/km, při rychlosti nižší než 5 km/h v l/hod.



Obrázek 4.5: Příklady MFA displeje [16]

4.3.3. MaxiDOT

Velký bodový display, ve Škoda označovaný jako MaxiDOT, nahrazuje funkci kontrolky ve středním poli sdruženého přístroje. Oproti jednoduššímu displeji MFA dokáže zobrazovat piktogramy volby režimu automatické převodovky, informace z navigace, rádia, telefonu, nezávislého topení a dalších osobních nastavení.



Obrázek 4.6: Maxi-DOT displaye

Do lepších automobilů je však už dnes montován plně barevný TFT display, jenž dokáže nahradit veškeré ukazatele a kontrolky panelu přístrojů. Například Volvo V40 2012, Range Rover 2010.

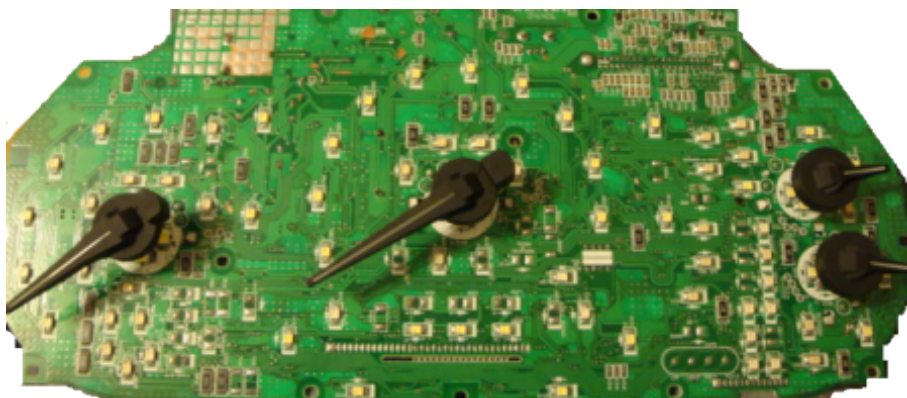


Obrázek 4.7: Plně grafický display Range Roveru [45]

4.4. Analogové ukazatele s elektrickým pohonem

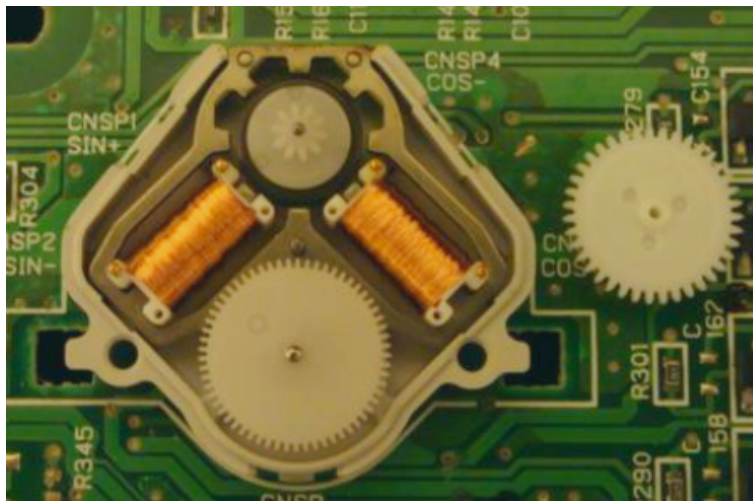
V současné době je pro zobrazení rychlosti a otáček motoru nejčastěji používán analogový ukazatel poháněný krokovými motorky. Signál pro určení rychlosti je brán ze senzorů ABS jako průměr rychlostí hnané nápravy. Existují dvě verze těchto pohonů. Buď je ručička tachometru nasazena přímo na hřídel krokového motorku, nebo je mezi nimi převodovka. Ta může být tvořena šnekovým soukolím nebo čelními ozubenými koly. Výskyt převodovky zvětší převodové číslo, tudíž samotný motorek může mít pouze malé množství kroků na otáčku. Navíc takovéto uspořádání zvětšuje odolnost proti ztrátě referenční polohy ručičky výskytem odporů v převodech.

Zajištění referenční (nulové) polohy při každém rozjezdu je zajištěno mechanickým dorazem v převodech spojující krokový motorek a ručičku ukazatele.



Obrázek 4.8: Základní deska s krokovými motory Lexus Rx400h, r.v. 2008 [34]

4.4. ANALOGOVÉ UKAZATELE S ELEKTRICKÝM POHONEM



Obrázek 4.9: Pohled na krokový motor a převodovku. Lexus Rx400h, r.v. 2008 [34]

Obrázky 4.8 a 4.9 zobrazují základní desku panelu sdružených přístrojů vozu lexus, společně s detailem krokového motorku a vloženého převodu. Z důvodu globalizace trhu je na místě domněnka, že podobně budou vypadat i produkty montované do vozidel VW a Škoda.

4.4.1. Krokové motory

Krokový motor je impulsně napájený elektromotor bez komutátoru. Jeho pohyb je nespojitý, neboť se děje po krocích. Vinutí jsou součástí statoru. Rotor je tvořen permanentním magnetem.

V praxi se většinou rozhoduje mezi použitím krokového motoru nebo servomotoru. Servomotory vyžadují analogový systém, který dodává zpětnou vazbu o poloze natočení. Oproti tomu při použití krokových motorů tato informace není potřeba, neboť jsou natočeny právě o takový úhel, kolikrát řídicí jednotka pohonu změnila pólování. To platí za předpokladu, že není překračován krouťací ani přídržný moment a lze se spoléhat na nepřeskočení rotoru.

Vlastnosti krokového motoru lze charakterizovat třemi hodnotami krouťacího momentu a možstvím kroků za jednu otáčku (popř. úhel kroku).

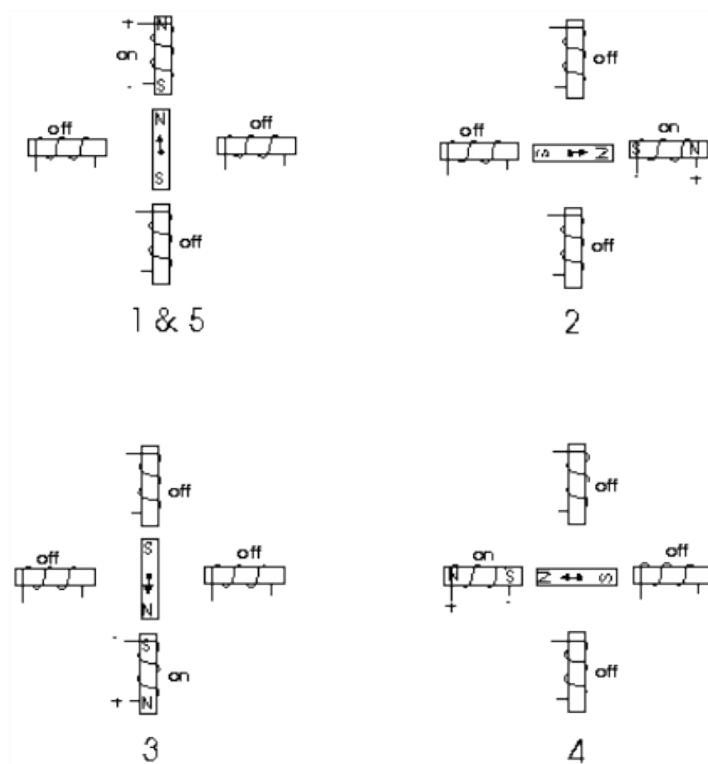
1. Krouťací moment – moment vytvořený změnou magnetického pole ve statoru
2. Přídržný moment – moment potřebný k překonání magnetického pole ve vinutí statoru
3. Moment bez napětí- moment potřebný k překonání magnetického pole indukovaného pohybem permanentního magnetu

Přídržný moment bývá o 10% větší nežli krouťací moment.

Počet kroků za otáčku je dán konstrukcí krokového motoru, a rovná se počtu pólových dvojic.

Princip funkce krokových motorů

Funkce bude vysvětlena na následujícím obrázku [4.10](#)

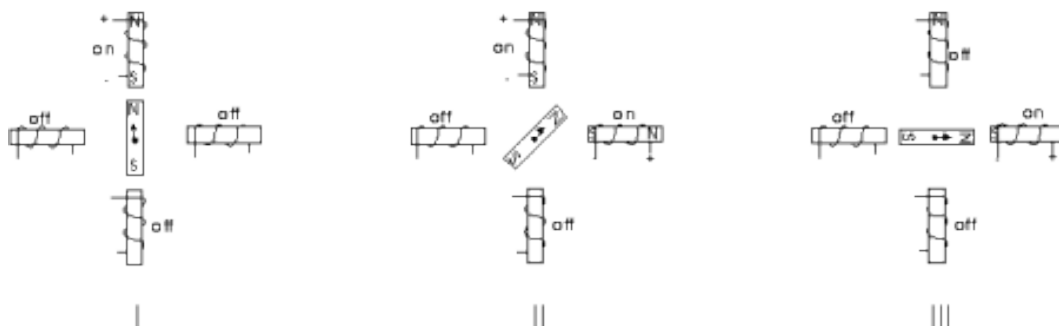


Obrázek 4.10: Schéma funkce krokových motorů [\[35\]](#)

V první poloze je aktivována pouze cívka v horní pozici, což donutilo rotor natočit se tak, aby magnetický pól na permanentním magnetu rotoru byl natočen nesouhlasným pólem k aktivované cívce. Pro pootočení rotoru do polohy 2 je deaktivována horní cívka, a podle požadovaného směru otáčení je aktivována cívka vlevo či vpravo. Proces je opakován podle požadovaného počtu pootočení rotoru.

Dle obrázku [4.10](#) se jedná o krokový motor se čtyřmi kroky na otáčku.

Pro zvýšení počtu kroků na otáčku lze využít tzv. half-stepping. Místo vypnutí jednoho elektromagnetu a zapnutí druhého dochází k souběžnému zapnutí dvou sousedních elektromagnetů. To vyvolá dvě stejně velké síly přitahující pól permanentního magnetu, který zůstane uprostřed mezi aktivovanými cívkami, jak je zřejmé z obrázku [4.11](#).



Obrázek 4.11: Princip zdvojnásobení počtu kroků krokových motorů [\[35\]](#)

4.4. ANALOGOVÉ UKAZATELE S ELEKTRICKÝM POHONEM

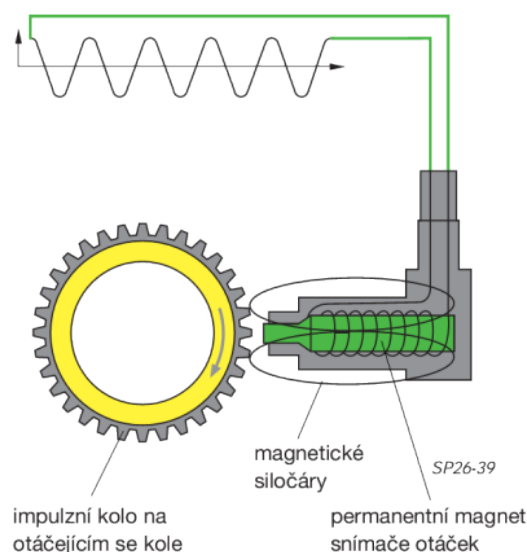
4.4.2. Snímače otáček

Snímače otáček dávají řídicí jednotce impulzy, ze kterých je odvozena rychlost otáčení kol. Ještě nedávno se pro indikaci rychlosti používalo samostatné čidlo. To je v současnosti vypuštěno, a z důvodu úspory materiálů se rychlost počítá ze snímačů ABS, které vozilo stejně musí mít. Snímače ABS jsou umístěny v každém kole. Používají 2 různé principy.

1. Hallový prvky- využívá toho, že ve vodiči pod napětím jsou elektrony vychylovány magnetickým polem, což vyvolá změnu napětí úměrné magnetickému toku.
2. Magneticko-rezistentní prvky- U těchto se mění odpor v závislosti na magnetickém průtoku

Indukční snímač ABS

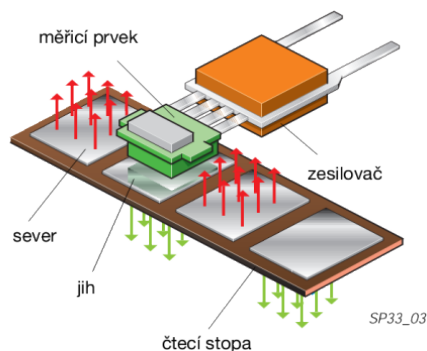
Indukční snímač pracuje na principu Hallova jevu. Permanentní magnet je obalený elektrickým vinutím. Ten je umístěn v blízkosti impulzního kola. Při otáčení impulzního kola dochází ke střídání zubů a mezer, což způsobuje změnu magnetického pole permanentního magnetu. Tato změna v cívce (vinutí) indukuje střídavé napětí. Frekvence a amplituda napětí jsou úměrné otáčkám kola. Při stojícím kole je indukované napětí rovno nule. Tvar náběhu zubů a nastavení citlivosti systému má vliv na minimální měřitelnou rychlost, kdy indukované napětí přestává být rozpoznatelné. V tomto okamžiku, kdy nejsou relevantní informace o otáčkách kola, se vypíná i celý systém ABS.



Obrázek 4.12: Schéma funkce indukčního čidla ABS [4]

Aktivní snímač ABS

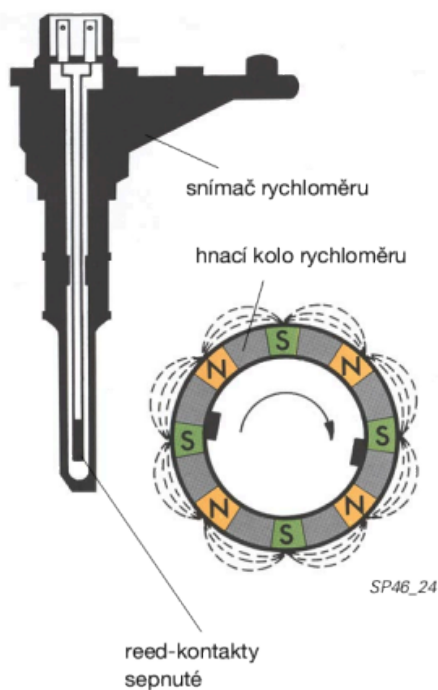
Aktivní snímač pracuje s magneticko-resistivními prvky. V tomto případě je impulzní kolo se zuby a mezerami nahrazeno kolem, kde jsou umístěny permanentní magnety se střídající se polaritou. Měřicí element se nachází v jejich magnetickém poli. Při otáčení kroužku se mění magnetické pole, resp. magnetický tok. Malé zástavbové rozměry tohoto řešení umožňují instalaci magnetů například na těsnící víčko ložisek. Vyhodnocované napětí nezávisí na otáčkách kola, tudíž je měření možné až do zastavení kola. Pro svou činnost vyžaduje napájení (7-20 V). Další výhodou je možnost určit směr otáčení. Tento systém se začal používat ve vozech Škoda Fabia I. Schéma je zobrazeno na obr. 4.13.



Obrázek 4.13: Schéma funkce aktivního snímače ABS [6]

Snímač otáček umístěný v převodovce

Signál pro zobrazení rychlosti není snímán z čidel ABS, ale z čidla umístěného v převodovce. (V koncernových vozidlech označovaný jako G22). To bylo používáno například od r. 1989 ve vozech Audi / VW s motry L4 – W8 (např. ve vozech VW Golf 3, Fabia 1, Superb 1 [36], [8]). Impulzy jsou zpracovávány v řídicí jednotce J285, stejně tak jako impulzy z čidel ABS. Schéma snímače je na obr. 4.14.



Obrázek 4.14: Schéma funkce indukčního čidla ABS [8]

Výpadek signálu ABS

(EBV: elektronické rozdělování brzdné síly. Toto nahrazuje regulátor brzdného tlaku umístěný na zadní nápravě)

Výpadek jednoho snímače otáček

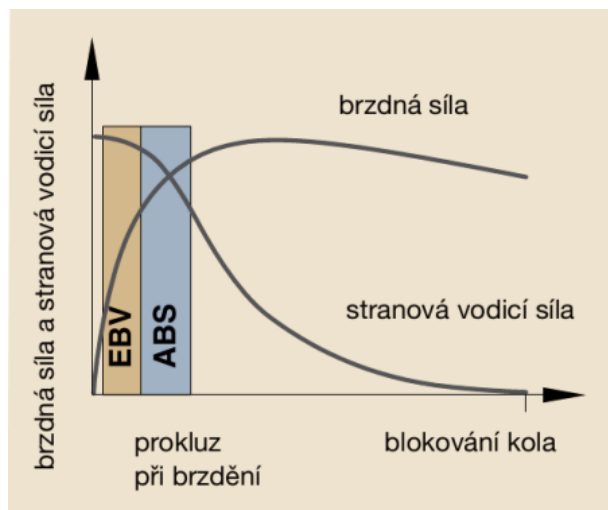
- ABS/EDS se odpojí
- EBV zůstane zachována
- rozsvítí se kontrolka ABS

Výpadek obou snímačů na jedné nápravě

- ABS/EDS/EBV se odpojí.
- Rozsvítí se kontrolka ABS a ruční brzdy.

Oblast funkce brzdových elektronických asistentů v závislosti na skluzu je na obr. 4.15

4.4. ANALOGOVÉ UKAZATELE S ELEKTRICKÝM POHONEM



Obrázek 4.15: Posloupnost funkce EBV a ABS v závislosti na skluzu [4]

Další využití signálu ABS

Kontrola tlaku v pneumatikách

Jedná se o další prvek aktivní bezpečnosti. Vychází z předpokladu, že při poklesu tlaku v pneumatice dojde i ke zmenšení poloměru a obvodu kola. Řídicí jednotka ABS porovnává obvodové rychlosti všech kol, a pokud zaznamená odchylky, vyhodnotí to jako pokles tlaku. K tomu dojde při poklesu tlaku v pneumatice o cca 20-30%.



Obrázek 4.16: Ikona ukazatele poklesu tlaku v pneumatice [10]

4.4.3. Datová sběrnice

Datová sběrnice CAN přenáší informace mezi jednotlivými jednotkami. Redukuje počet vodičů a pinů potřebných k jejich propojení.

První seriové vozidlo vybavené CAN BUS bylo v r. 1986 BMW 850, které díky této technologii ušetřilo 2 km vodičů a hmotnost vozidla klesla o 50 Kg při polovičním počtu konektorů [37].

Konkrétně signál pro zobrazení rychlosti na tachometru prochází touto cestou: Ze snímačů rychlosti na kolech je signál vyhodnocen v jednotce ABS/ESP J104, poté prochází přes gateway J533 do řídicí jednotky panelu přístrojů J285

CAN BUS je standardizován, a to podle rychlosti.

CAN do 125 kBit/s ISO 11519-2

CAN nad 125 kBit/s ISO 11898

Sběrnice se skládá z různých částí, které, dle důležitosti, používají jiné přenosové rychlosti.

Nejdůležitější je část sběrnice hnacího ústrojí, která zahrnuje zejména ABS a řídicí jednotky motoru, automatické převodovky, airbagů, servořízení. Přenosová rychlost je

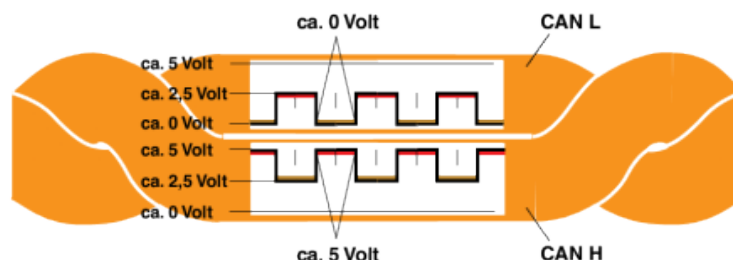
500 kbit/s. Přenesení datového protokolu trvá asi 0,25 milisekund [3]. Ostatní sběrnice pracují s přenosovou rychlostí 62.5 kbit/s. Z toho důvodu nelze sběrnice napřímo napojit, je zapotřebí spojovací prvek.

Gateway

Gateway slouží ke spojení různých CAN skupin o různých rychlostech. Jedná se zejména o CAN hnacího ústrojí (motor, převodovka, brzdy), CAN comfort (paměti sedaček, ovládání dveří a oken, tažné zařízení, přídavné topení), CAN info (navigace, telefon), CAN kombi (kombinovaný panel přístrojů) a zejména diagnostický CAN pro připojení diagnostických zařízení.

Rušení signálu

Aby se předcházelo rušení signálu např (zapalovací svíčky, mobilní telefony, vysílačky) je vedení spleteno ze dvou vodičů. Oba přenášejí signál tak, aby součet byl vždy 5 V, což zajistí konstantní magnetické pole v okolí vodiče. Je-li na jedné větvi 5 V, na druhé je 0 V, jinak je na obou 2,5 V. Princip je názorně ukázán na obrázku 4.17. Tím je ochráněno proti vlivům z vnějšku, a samo se vůči němu chová neutrálně



Obrázek 4.17: Kabely datové sběrnice a průběh napětí na nich [3]

Kalibrace tachometru

Kalibrace sdruženého panelu přístrojů se provádí přes diagnostiku. Konkrétní proměnné zmíněné v 3.2.1 lze nalézt na adresách uvedených v tabulce 4.1

Tabulka 4.1: Adresa bloku a konstanty potřebné pro kalibraci tachometru [16]

Blok	Popis
80	Výrobní data panelu přístrojů
81	Výrobní číslo vozidla a číslo imobilisérů
201	Kalibrační konstanta pro výpočet ujeté dráhy
80	Obvod kola pro výpočet rychlosti

5. Dosavadní zkoumání tachometrů při dopravní nehodě

5.1. Konference Katowice, PL

Vlastnosti tachometrů a jejich možnost interpretace nárazové rychlosti při dopravních nehodách byla zkoumána i Alexandrem Kuranowskim [18].

Zmiňuje se o existenci dvou typů tachometrů, které jsou hnány krokovým motorkem. U prvního typu je ručička nasazena přímo na hřídel motorku. Z toho pramení nutnost motorku s velkým počtem kroků za otáčku. Pro aplikaci určení nárazové rychlosti je toto řešení nevhodné, neboť moment setrvačnosti takovéto soustavy, společně s momentem motorku (v případě nehody se jedná o moment bez napětí a absencí odporu v převodech, není dostatečně odolný vůči chvění a nárazům. Pokud je vozidlo vybaveno tímto typem, určení nárazové rychlosti z polohy ručičky je zcela vyloučeno.

Dalším typem tachometru je takový, který má mezi krokovým motorkem a osou ručičky převodovku. Ta může být tvořena ozubeným nebo šnekovým soukolím

U rychloměrů VW by převodové číslo mělo dosahovat hodnoty $i=51$. V krokových motorech není žádný vratný moment, proto při výpadku napájení zůstane rotor v poloze, ve které k výpadku došlo.

5.1.1. Sledované parametry

Časová konstanta

Ověření, zda, popřípadě jak, zobrazovaná rychlost zaostává za reálnou rychlostí, například při plném brzdění. Na toto má vliv i softwarově řešené tlumení kmitání, např. při aktivaci systému ABS.

Kdy se motor zastaví

Ověření za jakých podmínek dojde k pozastavení motorku. Jedná se o případy globálního výpadku napájení, výpadek signálu ABS, poškození jednotky ABS, poškození sběrnice CAN.

Náchylnost ke změně polohy ručičky

Ověření za jakých podmínek dojde k pootočení ručičky, ať už pod napětím či bez při podélné či příčné havárii.

5.1.2. Testování

Je vhodné připomenout, že i otáčkoměr, palivoměr a ukazatel teploty chladící kapaliny jsou hnány stejnými motorky jako rychloměr. V případě nárazu by tedy údaje na ostatních ukazatelích měly odpovídat realitě (zahřátý motor, otáčky motoru). Sdružený panel přístrojů byl z vozu VW Polo, testovaná rychlost 0 - 160 km/h, rozsah otáčkoměru 0-6000 ot/min.

Časové zpoždění

Rychloměr by měl stíhat zobrazovat korektní rychlost až do zpomalení kolem 4 g.

Přerušení signálu

Byly testovány dvě možnosti, a to přerušení (výpadek) signálu z čidla otáček, a přerušení signálu z řídicí jednotky do rychloměru.

Ukazuje se, že náhlé přerušení řídicího signálu způsobí, že krokový motor jde zpět do nulové polohy pomalou rychlostí, cca 2 rad / s.

Dále bylo zjištěno, že odpojením napájecích kabelů "+", "-", při zachování řídicího signálu způsobí trvalé znehybnění ukazatelů otáčkoměru a rychloměru.

Pokud dojde na okamžik k výpadku napájení, krokový motor cca 5 sec zůstane v místě přerušení.

Pokud dojde na okamžik k výpadku signálu snímače, ukazatel zastaví v intervalu mezi nulou a hodnotou v době odpojení.

Momenty motorku

Moment motorku ukazoval $8 \cdot 10^{-2}$ Nm pod napětím, resp. $0,15 \cdot 10^{-2}$ bez napětí. V žádném případě se momenty nemění s polohou ukazatele. Moment byl naměřen na hřídeli motorku, tzn. bez vlivu převodů.

Možnost přeskočení ručičky.

Při testování možnosti samovolného přeskočení ručičky byl celý panel přístrojů vystaven přetížení 15 g. Při tom nedošlo k přeskočení polohy.

5.1.3. Závěr vyvozený A. Kuranowskim

Rychlost otáčení krokových motorků je uspokojivá a dokáže držet krok se všemi běžnými provozními charakteristikami. Ručička nepřeskočí ani při 15 g. Pokud korespondují údaje z ukazatele teploty kapaliny, stavu nádrže, lze vydedukovat:

RYCHLOST NA UKAZATELI PRAVDĚPODOBNĚ KORESPONDUJE S NÁRAZOVOU RYCHLOSTÍ.

5.2. Zkoumání mechanického poškození rychloměru

Tento způsob je používán zejména při vyšetřování leteckých nehod, kdy přístroje (ani posádku) nechrání prakticky žádné deformační zóny, a při nárazu je dosahováno velkého zpomalení. Ručičky přístrojů se při nárazu deformují tak, že se mohou dotknout podkladní desky, a zanechají na ní stopy. V případě leteckých nehod se může jednat i o vrypy. U dopravních nehod také může dojít ke kontaktu ručičky s podkladem, avšak stopy zpravidla nebývají zřetelné. Panel přístrojů je nutno opatrně vyjmout, a pomocí UV světla a mikroskopu zkoumat otisky ručičky. UV světlo se používá proto, že ručičky jsou většinou vyrobeny z materiálů, které v noci pomáhají ručičku osvětlit (nebo jsou jimi natřeny).

5.2. ZKOUMÁNÍ MECHANICKÉHO POŠKOZENÍ RYCHLOMĚRU

(Dnes již ručičky barveny nejsou, protože jsou vyrobeny nejčastěji z průhledného polykarbonátu. Lámající se světelné paprsky z podsvětlení přístrojové desky dostačují pro zviditelnění ručičky i v noci.)

V případě starších vozidel může být otisk vidět lépe (i samotným okem), protože dojde k otisku do vrstvy prachu na podkladní desce panelu přístrojů.

Při dostatečně velké nárazové rychlosti může dojít i k tomu, že ručička (nebo její nátěr) zanechá šmouhy. Jindy může dojít ke kontaktu přístrojové desky a dalších předmětů (např. lidské tělo, mobilní telefon), které rozbije průhledný kryt panelu přístrojů a může dojít k mechanickému zablokování ručičky.

Samozřejmě nelze tuto metodu uplatnit při nárazu zezadu, neboť vzdálenost ručičky a průhledného krytu je výrazně větší, nežli vzdálenost ručičky a podkladní desky.

Podle materiálu FBI [49] je postup pro vyšetření možnosti otisku ručičky takový:

- Vyfotografovat rychloměr před tím, nežli je z vraku vyjmut
- Vymontovat kompletní panel přístrojů a manipulovat s tím velmi opatrně
- Nedotýkat se ani neutírat ručičku ani žádnou část vnitřku panelu přístrojů
- Pokud je rychloměr hnán mechanicky (kabelem) tak jím neotáčet
- Neodstraňovat krycí sklo (plast), pokud je poškozeno, zamezit pohybu střepů
- Zabalit do čistého a suchého materiálu (plastový sáček)
- Předat do vybavené laboratoře

Laboratoř má za úkol rychloměr podrobně prozkoumat. Za běžného i UV osvětlení, pouhým okem i pomocí zvětšovacích zařízení (lupa, mikroskop). Je nutné fotodokumentace všech zjištění. Mikroskopem lze objevit škrábance na podkladové desce.

U starších vozidel nemusí být panel přístrojů původní, ale z důvodu poruchy (nebo drobné nehody u motocyklu) nahrazen funkčním například z bouraného vozidla. Stopy na rychloměru by mohly být způsobeny předchozí nehodou.

Dle [50] byly prováděny testy do betonové bariéry při rychlostech do 50 mph (80 kmh) BEZ ZJIŠTĚNÉHO OTISKU ručičky.

5.2.1. Zkoumání poškození matnice při reálné nehodě

Při řešení konkrétní dopravní nehody znalcem V. Rábkem byly prozkoumány také tachometry vozidel, i když ručička nebyla zaseknuta.

Průběh nehody

Vozidlo Toyota Carina na rovném přehledném úseku pozvolně přejela do protisměru, kde se čelně střetla s vozidlem R 21.

5. DOSAVADNÍ ZKOUMÁNÍ TACHOMETRŮ PŘI DOPRAVNÍ NEHODĚ

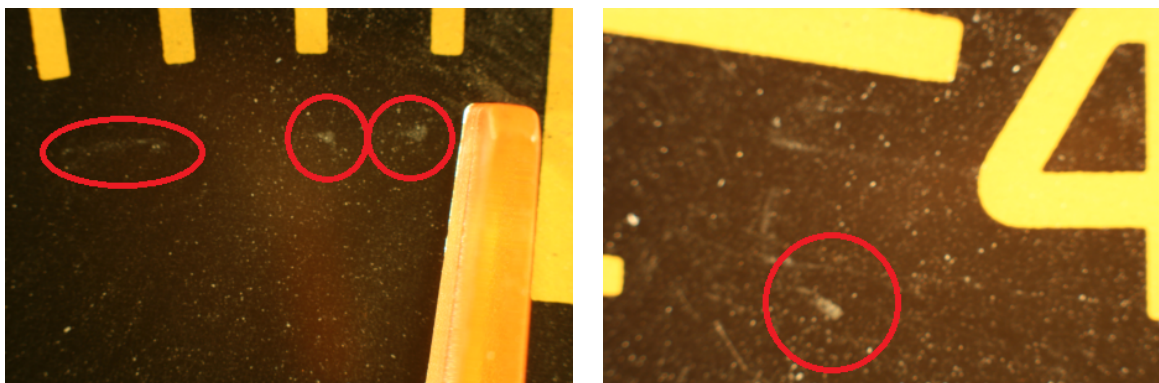
Poškození vozidel



Obrázek 5.1: Poškození vozidel Toyota a Renault. [Interní materiály znalce V. Rábka]

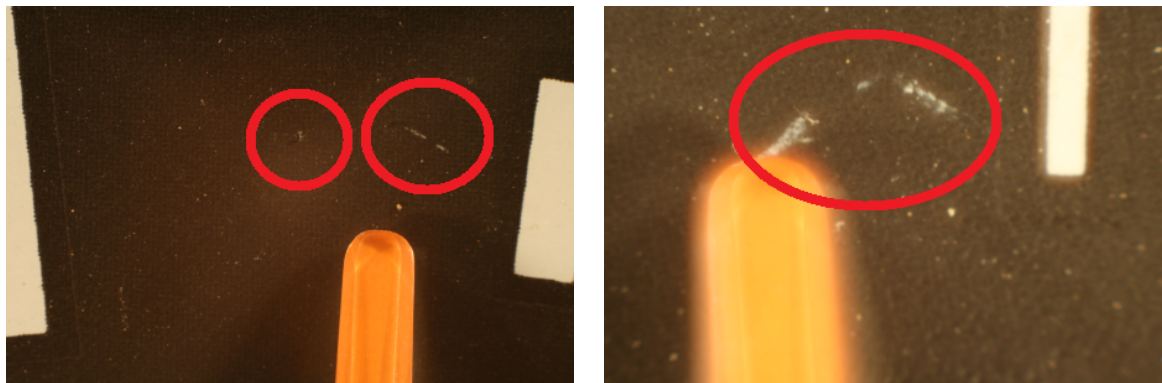
Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Při této nehodě nebyl zaseknut rychloměr na žádném ze zúčastněných vozidel. Sdružené panely přístrojů byly i přes to prozkoumány znalcem. Na pohledu pod mikroskopem jsou zřetelné rýhy na matnici, s největší pravděpodobností způsobené koncem ukazatele otáčkoměru a rychloměru. Tyto stopy jsou viditelné na tachometrech i otáčkoměrech obou vozidel, i když nárazové rychlosti byly odlišné. Vypočítaná nárazová rychlost vozidla Toyota je okolo 100 km/h, a 55 km/h v případě vozidla Renault.



Obrázek 5.2: Viditelné rýhy na matnici vozidla Renault: otáčkoměr a tachometr. [Interní materiály znalce V. Rábka]

5.2. ZKOUMÁNÍ MECHANICKÉHO POŠKOZENÍ RYCHLOMĚRU



Obrázek 5.3: Viditelné rýhy na matnici vozidla Toyota: otáčkoměr a tachometr. [Interní materiály znalce V. Rábka]

Na tachometru Toyoty je lomená rýha v oblasti 85-90 km/h (vypočtená nárazová 100 km/h), na tachometru Renaultu je důlek odpovídající rychlosti 35 km/h (vypočtená nárazová 55 km/h).

6. Příklady nehod se zaseknutým rychloměrem

V této kapitole budou probrány nehody, při kterých byla zaseknuta ručička tachometru. Podklady pochází z interních zdrojů Škoda Auto a.s., USI a znaleců V. Rábka, E. Spergera a M. Řeháka.

Shrnutí

Z předchozích kapitol plyne, že k zaseknutí dojde pouze v případě přerušení napájení. Přeskočení ručičky z důvodu nárazu je málo pravděpodobné z důvodu velkých odporů v převodovce pohonu ručičky. Navíc by takový náraz musel být v příčném směru.

Údaj o rychlosti je brán z čidel ABS jako průměr rychlostí z hnané nápravy. Tyto informace jsou zpracovávány v jednotce ABS. Ztráta signálu z jednotky ABS je vyhodnocena jako nulová rychlost. Ručička se tedy vrátí do nulové polohy.

Zobrazovaná rychlost je taková, jakou vozidlo předpokládá, že se pohybuje. To na-
prосто nebere v úvahu možnosti odlehčení kola a jeho prokluzu při brzdění či akceleraci,
popř. poškození snímače ABS v důsledku nehody.

Výpočet rychlosti na základě hodnoty z otáčkoměru

V případě výpadku napájení dojde nejen k zaseknutí rychloměru, ale všech ukazatelů včetně otáčkoměru. V případě nehod, kde se otáčkoměr nezasekl v oblasti volnoběžných otáček bude proveden i kontrolní výpočet, zda hodnota rychlosti a otáčkoměru spolu souhlasí. Výpočet se provádí dle rovnice 6.1.

$$v = 0,06 \cdot \frac{n_m \cdot o_d}{i_p \cdot i_s} \quad (6.1)$$

kde 0,06 je konstanta převodu jednotek, v [km/h] je výsledná rychlost, n_m [ot/min] jsou otáčky motoru, o_d [m] je dynamický obvod kola, i_p je převodový poměr zařazené rychlosti a i_s je převodový poměr koncového převodu [60].

Orientační výpočet, zda zaseknutá hodnota otáčkoměru odpovídá zaseknuté hodnotě rychloměru, je založen na předpokladu, že maximální rychlost je dosahována na nejvyšší rychlosti stupeň při otáčkách motoru odpovídajícím maximálnímu výkonu.

6.1. Škoda Roomster - Actross

Průběh nehody

Na rovné meziměstské komunikaci vybočilo vozidlo Škoda Fabia ze svého jízdního pruhu, přičemž se dostalo do kontaktu s protijedoucím nákladním vozidlem Mercedes Actross.

6.1. ŠKODA ROOMSTER - ACTROSS

Při tom byla nákladnímu vozidlu poškozena levá přední pneumatika, což zapříčinilo náhlé vybočení do protisměru, kde se v tu chvíli pohybovalo vozidlo Škoda Roomster. Řidič Roomsteru se snažil vyhnout přímému čelnímu střetu vybočením doleva. Podařilo se mu to však jen částečně, při kolizi bylo přesazení okolo 40 % na straně spolujezdce. Přesnější specifikace vozidla Škoda Roomster: 1,2 HTP 51 kW při 5 400 ot/min, manuální převodovka typu 02T, zánovní zimní pneumatiky 185/60 R14. Maximální rychlost 158 km/h [57].

Tabulka 6.1: Převodové poměry převodovky 02T [59]

Převod	Převodový poměr
Koncový	4,929
1	3,769
2	2,095
3	1,387
4	1,026
5	0,776

Poškození vozidla

Jak je z obrázku 6.1 patrné, deformace Roomsteru je větší, nežli při standardních crash testech prováděných s 40 % přesahem při rychlosti 64 km/h. Hodnota EES pro Roomster činí 88 km/h, pro nákladní vozidlo 30 km/h.



Obrázek 6.1: Poškození vozidla čelním nárazem s nákladním vozidlem [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Otáčkoměr vozidla Škoda je zaseknut na hodnotě 2200 ot/min, rychloměr cca 63 km/h. Fotografie není přiložena z důvodu nekvalitních fotografických podkladů. Vyšetřování oddělení Výzkumu dopravní bezpečnosti zjistilo nárazovou rychlost Roomsteru 78 km/h, nákladního vozidla 57 km/h.

Podle vzorce 6.1 otáčkám 2200 ot/min odpovídá rychlost 62,6 km/h (uvažovaný dynamický obvod pneumatiky 1 814 mm). Orientálním výpočtem: Pokud je dosaženo rychlosti

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

158 km/h při 5 400 ot/min, při zaseknutých 2 200 ot/min by tomu odpovídala rychlost 64,4 km/h.

Výpočty prokázaly, že zaseknuté hodnoty otáčkoměru a rychloměru navzájem korepondují. Lze tedy usoudit, že k pootočení zaseknutého ukazatele rychloměru při střetu nedošlo.

6.2. Škoda Fabia I - Škoda Octavia I

Průběh nehody

Na rovné široké suché komunikaci vozidlo Škoda Fabia I přejelo do protisměru, kde se čelně srazilo s vozidlem Škoda Octavia I s přesazením cca 20 %. Specifikace vozu Škoda Fabia I: 1,2 HTP, 40kw při 4750 ot/min, maximální rychlost 151 km/h, manuální převodovka [58].

Protože se pro daný typ a motorizaci vozidla vyrábělo více převodovek s různými převodovými poměry, pro přesný výpočet je nutno znát VIN vozidla, podle něj zjistit kód převodovky a její převodové poměry.

Poškození vozidla



Obrázek 6.2: Poškození vozidla Škoda Octavia I při čelní srážce se Škodou Fabií I [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

6.3. ŠKODA OCTAVIA II - SCANIA



Obrázek 6.3: Poškození vozidla Škoda Fabia při čelním střetu se Škodou Octavií I [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Ukazatel rychlosti ve vozidle Škoda Fabia se zasekl okolo 110 km/h, otáčkoměr ukazoval 3400 ot/min. K zaseknutí ukazatelů ve Škodě Octavii nedošlo. Vyšetřování určilo nárazovou rychlost Fabie 119 km/h, nárazovou rychlost Octavie 40 km/h. Orientační výpočet rychlosti při otáčkách zaseknutých na otáčkoměru: Pokud je dosaženo rychlosti 151 km/h při 4750 ot/min, při zaseknutých 3 400 ot/min by tomu odpovídala rychlost 108 km/h. Protože hodnota zaseklá na rychloměru odpovídá otáčkám na otáčkoměru, lze usoudit, že během střetu nedošlo ke změně polohy ukazatelů.



Obrázek 6.4: Zaseknuté ukazatele otáčkoměru a rychloměru vozidla Škoda Fabia I [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

6.3. Škoda Octavia II - Scania

Průběh nehody

Vozidlo Škoda Octavia II přešlo do protisměru, kde se střetlo s nákladním vozidlem Scania. Vozidla se střetla čelně s přesazením cca 50 cm.

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

Poškození vozidla



Obrázek 6.5: Poškození vozidla Octavia [Interní materiály Škoda Auto a.s.]



Obrázek 6.6: Deformace vozidla Scania [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Vypočítaná nárazová rychlost Škody Octavie je 80 km/h, nákladního vozu Scania 66 km/h. Zaseknutá rychlost Škody Octavie je okolo 90 km/h. Za povšimnutí stojí ukazatel chladící kapaliny, který by měl zobrazovat 90°C (pokud se teplota chladící kapaliny pohybuje od $70 - 100^{\circ}\text{C}$). Ochranné plexi sklo je rozbito, a střepiny mohly změnit polohu ukazatelů.



Obrázek 6.7: Zaseknutý rychloměr vozidla Octavia II [Interní materiály Škoda Auto a.s.]

6.4. Renault 19 - Škoda Fabia I

Průběh nehody

Vozidlo Renault 19 v mírné pravotočivé zatáčce přešlo do protisměru, kde se čelně šikmo střetlo s protijedoucím vozidlem Škoda Fabia I.

Poškození vozidla

Poškození vozidel odpovídá EES rychlosti kolem 70 km/h pro Renault, resp. 60 km/h pro vozidlo Škoda.



Obrázek 6.8: Poškození vozidel R 19 (v levo) a Š. Fabia (v pravo) [Interní materiály USI]

Rychlost otisknutá a zaseknutá vs. vypočítaná

Nárazová rychlost byla vypočtena 80 km/h pro vozidlo Renault, resp. 60 km/h pro vozidlo Škoda. Podkladová deska rychloměru má rýhu od ukazatele rychlosti v oblasti 75 km/h. Otáčkoměr vozidla Renault zůstal zaseknutý na hodnotě 5 700ot/min. Rychloměr vozidla Škoda Fabia je zaseknut na hodnotě 30 km/h. Nutno dodat, že vozidlo Fabia před střetem zanechalo brzdné stopy cca 16m dlouhé, tudíž zobrazovaná rychlost byla nižší nežli skutečná.

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM



Obrázek 6.9: Viditelná rýha na podkladové desce rychloměru v oblasti 75 km/h Vozidla R 19 (v levo) a zaseknutá ručička vozidla Fabia I na rychlosti 30km/h. (v pravo) [Interní materiály USI]

6.5. Škoda Favorit - MAN

Průběh nehody

Vozidlo Škoda Favorit v pravotočivé zatáčce vyjelo do protisměru, kde se čelně šikmo střetlo s protijedoucím nákladním vozidlem MAN

Poškození vozidla

Hodnoty EES byly uvažovány 80 km/h pro osobní vozidlo Faforit, 20 km/h pro nákladní vozidlo MAN.



Obrázek 6.10: Poškození osobního vozidla Faforit (v levo) a nákladního vozidla MAN (v pravo) [Interní materiály znalce Řeháka]

6.6. ŠKODA OCTAVIA II - OPEL MERIVA

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Vypočtená rychlost Favoritu je 60 km/h, nákladního vozidla 45 km/h. Rychloměr Favoritu je hnán ocelovým lankem, tudíž pro tuto nehodu neplatí poznatky o vlastnostech krokových motorů, ABS a CAN-BUS. Nehoda je zde zařazena pouze orientačně, neboť mnoho starých vozidel je stále v provozu.



Obrázek 6.11: Zaseknutý rychloměr vozidla Favorit
[Interní materiály znalce Řeháka]

6.6. Škoda Octavia II - Opel Meriva

Průběh nehody

Vozidlo Škoda Octavia II na rovné vozovce přejelo do protisměru, kde se čelně, mírně šikmo s přesazením cca 30 % střetlo s protijedoucím Oplem Meriva.

Poškození vozidla

Hodnoty EES byly uvažovány 85 km/h pro Octavii, 75 km/h pro Merivu.



Obrázek 6.12: Poškození vozidla O. Meriva (v levo) Š. Octavia II (v pravo) [Interní materiály znalce Řeháka]

Pro představu jsou přiloženy fotografie z crash testu při 64 km/h.

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

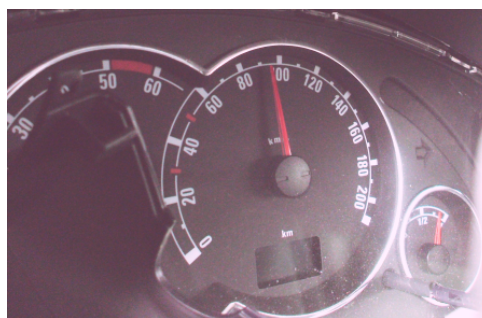


Obrázek 6.13: Poškození vozidla O. Meriva a Š. Octavia II při crash testech při 64 km/h [62]

Na základě poškození při crash testech bych EES odhadl na 72 km/h pro Škodu Octavii, 66 km/h pro Opel Merivu. Nárazové rychlosti by poté byly nižší. Ve shrnutí se však bude vycházet ze znalce vypočítané rychlosti.

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Nárazová rychlost vozidla Octavia byla určena 90 km/h, rychlost vozidla Meriva 78 km/h. Rychlost zaseknutá na ukazateli Opelu Meriva je okolo 90 km/h.



Obrázek 6.14: Zaseknutý rychloměr vozidla Opel Meriva [Interní materiály znalce Řeháka]

6.7. Dodge Caliber - Seat Leon

Tato nehoda se odehrála v Anglii a je zajímavá tím, že vozidlo, kde došlo k zaseknutí tachometru, bylo vybaveno EDR (Event Data Recorder). Tím je zjištěna přesná nárazová rychlost, neovlivněná odhadem znalce.

Průběh nehody

Vozidlo Seat při výjezdu z kruhového objezdu dostalo smyk, a šikmo bočně narazilo do příjíždějícího vozidla Dodge. Vozidlo Dodge před kolizí brzdilo.

6.8. NEHODA PRINCEZNY DIANY

Poškození vozidla



Obrázek 6.15: Poškození vozidla Dodge Caliber (černý) Seat Leon (žlutý) [22]

Rychlost zaseknutá vs. získaná z EDR

K zaseknutí rychloměru došlo u vozidla Dodge, které bylo vybaveno EDR. Nárazová rychlost byla 47 km/h, tachometr se zasekl na 30 mph, (cca 48 km/h)



Obrázek 6.16: Zaseknutý rychloměr vozidla Dodge [22]

6.8. Nehoda Princezny Diany

Průběh nehody

Vozidlo Mercedes Benz S (W140) narazilo do betonového sloupu. Ručička tachometru se zasekla na 190 km/h (120 mph). ([51] [52]) Vozidlo W140 bylo konstruováno tak, aby se prostor pro cestující vzadu nezdeformoval při nárazu do pevné překážky v rychlosti 160

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

km/h. Jak je z fotografií patrné, nárazem do sloupu deformace dosáhla cca dolní hrany čelního skla. Z toho lze usoudit, že nárazová rychlost byla výrazně nižší nežli zaseknutých 190 km/h [61].

Poškození vozidla



Obrázek 6.17: Poškození vozidla po nárazu do betonového sloupu.

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Dle sdělení vyšetřovatelů byla ručička zaseknuta na 190 km/h. Z vyšetřování však byla zjištěna nárazová rychlost okolo 95-110 km/h. Zjistit, o jaký typ tachometru se jedná (mechanický nebo elektronický) je dnes již nemožné. Tento model byt totiž vyráběn s oběmi variantami podle roku výroby, motorizace a výbavy. Dle dostupných informací se jednalo o verzi 280SE, tzn. základní motorizace. Dle toho lze předpokládat, že toto konkrétní vozidlo nebylo vybaveno rychloměrem hnaným krokovými motory. Proto tato nehoda nebude zahrnuta mezi ostatní zkoumané nehody.

6.9. Škoda Favorit - Motocykl Yamaha

Průběh nehody

Vozidlo Škoda Favorit odbočovalo vlevo v momentě, kdy bylo předjížděno motocyklem Yamaha. Motocykl narazil do levé přední části vozidla. V době nárazu se motocyklista snažil maximální akcelerací vyhnout střetu.

6.10. PEUGEOT 407 - CITRÖEN BERLINGO

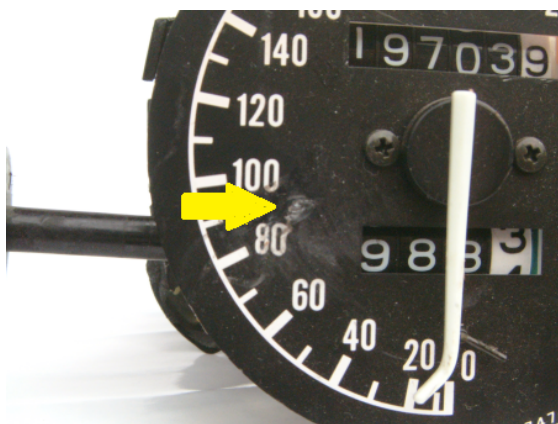
Poškození vozidla



Obrázek 6.18: Poškození motocyklu a vozidla [Interní materiály znalce Řeháka]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Střetová rychlost vypočítaná na základě délky odhození řidiče, poškození motocyklu dle EES a zkrácení rozvoru je uvažována mezi 65-75 km/h. Otisk ručičky na tachometru odpovídá cca 87 km/h.



Obrázek 6.19: Tachometr motocyklu [Interní materiály znalce Řeháka]

6.10. Peugeot 407 - Citroën Berlingo

Průběh nehody

Řidič vozidla C. Berlingo se pokoušel v táhlé zatáčce odbočit na vedlejší komunikaci vlevo, a to tak, že přešel do protisměru. Manévr nestihl dokončit, a když v protisměru uviděl příjezd vozidla P 407 SW, snažil se dostat zpět na pravou část vozovky. Protijedoucí Peugeot prudce brzdil (zanechal brzdovou stopu, i když vozidlo bylo vybaveno ABS), a ve snaze vyhnout se střetu přešel do protisměru, kde se střetl s Berlingem, které se zrovna vrátilo do svého odbočovacího jízdního pruhu.

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

Poškození vozidla



Obrázek 6.20: Poškození vozidel P 407 SW a C. Berlingo [Interní materiály USI]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Rychlost byla zaseknuta na hodnotě cca 93 km/h, vypočtená rychlost je 85 km/h.



Obrázek 6.21: Zaseknutý rychloměr vozidla Peugeot [Interní materiály USI]

6.11. Renault Megane - Mercedes Benz A

Průběh nehody

Vozidlo Renault Megane v zatáčce přejelo do protisměru, kde se čelně s 20-30 % překrytím střetl s vozidlem MB A. Nebyly nalezeny stopy po intenzivním brzdění.

Poškození vozidla

Hodnoty EES byly odhadnuty na cca 35 km/h pro obě vozidla.

6.12. ŠKODA OCTAVIA - FIAT DOBLÒ



Obrázek 6.22: Poškození vozidel R. Megane (modré) a MB A (stříbrné). [Interní materiály USI]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Rychlost vozidla Megane byla zaseknuta na hodnotě okolo 55 km/h. Z analýzy provedené USI vyplynula nárazová rychlost Renaultu 54-62 km/h, resp 45-50 km/h pro vozidlo MB.

6.12. Škoda Octavia - Fiat Doblò

Průběh nehody

Vozidlo Š. Octavia v mírné pravotočivé zatáčce přejelo do protisměru, kde se střetlo s protijedoucím Doblem s překrytím cca 75 %. Nehoda se stala na zledovatělé silnici. Brzdění vozidel není prokazatelné, neboť nejsou žádné stopy svědčící o brzdění. Řidička Octavie uvedla, že před nehodou se pohybovala cca 90 km/h, avšak samotnou nehodu si nepamatuje. Obě vozidla měla zařazený 5. rychlostní stupeň.

Poškození vozidla

EES vozidel bylo určeno kolem 80 km/h pro Octavii, 85 km/h pro Doblò. Deformace vozidla Fiat dosáhla hloubky cca 1 m.

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM



Obrázek 6.23: Poškození vozidel Octavia (zelené) a Doblò (bílé). [Interní materiály USI]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Rychlost se zasekla ve vozidle Octavia v poloze cca 95 km/h. Vypočtená nárazová rychlost vozidla Octavia je kolem 95 km/h



6.13. Toyota Hiace - Motocykl Suzuki

Obrázek 6.24: Zaseknutý rychloměr vozidla Octavia [Interní materiály USI]

Průběh nehody

Vozidlo Toyota v zastavěné oblasti na křižovatce odbočovalo vlevo, při tom do něj narazil protijedoucí motocykl Suzuki.

Poškození vozidel



Obrázek 6.25: Poškození vozidla Toyota a motocyklu Suzuki. [Interní materiály USI]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

6.14. FORD FOCUS - CITROËN XSARA

Rychlost se zasekla na rychloměru motocyklu na hodnotě cca 100 km/h. Této hodnotě však neodpovídají deformace vozidel. Zjištěná nárazová rychlost byla určena na 50 km/h pro motocykl, 10 km/h pro Toyota.



Obrázek 6.26: Zaseknutý rychloměr motocyklu Suzuki. [Interní materiály USI]

6.14. Ford Focus - Citroën Xsara

Průběh nehody

Vozidlo Ford Focus narazilo čelně šikmo, pod úhlem cca 45°, do protijedoucího vozidla C. Xsara.

Poškození vozidel

Vozidlu Focus byl při střetu oddělen agretát, akumulátor a celá přední náprava. Deformace postupovala ze spolujezdcovy strany, tudíž nejprve bylo poškozeno PP kolo i s čidlem ABS, poté motor od kterého byla nárazem oddělena i převodovka, a až na konec deformace dosáhla polohy akumulátoru, který je umístěn na podběhu před řidičem. Tyto okolnosti mohly mít výrazný vliv na zobrazovanou hodnotu rychlosti v průběhu nehody.



Obrázek 6.27: Poškození vozidla Citroën Xsara [Interní materiály USI]

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM



Obrázek 6.28: Poškození vozidla Ford Focus. [Interní materiály USI]

Rychlost zaseknutá vs. vypočítaná

Revizní znalecký posudek určil nárazovou rychlost vozidla Focus okolo 100 km/h, vozidla Xsara na 65 km/h. Zaseknutá rychlost Focusu je okolo 55 km/h. Je však nutno přihlídnout k parametrům deformace (směr a hloubka), která se liší od ostatních zkoumaných nehod.



Obrázek 6.29: Zaseknutý rychloměr vozidla Ford Focus [Interní materiály USI]

6.15. Daewo Matiz - strom

Popis nehody

Vozidlo Daewoo Matiz narazilo čelně do stromu. Pravděpodobně z důvodu nedostatečných deformačních zón vozidla došlo k takové deceleraci, že ručička padající do nulové polohy vydřela v matnici okem viditelnou rýhu. Rýha je v oblasti lehce nad 80 km/h. Této rychlosti odpovídá i nárazová rychlost.

6.16. VW GOLF



Obrázek 6.30: Snímek místa nehody vozidla Matiz s tachometrem [Interní materiály znalce Spergera]

6.16. VW Golf

Popis nehody

Vozidlo VW Golf narazilo do sloupu. Ručička rychloměru se zasekla okolo 85 km/h. Této rychlosti odpovídá i nárazová rychlost.



Obrázek 6.31: Poškození vozidla Golf a jeho zaseknutý tachometr [Interní materiály znalce Spergera]

6.17. Shrnutí kapitoly

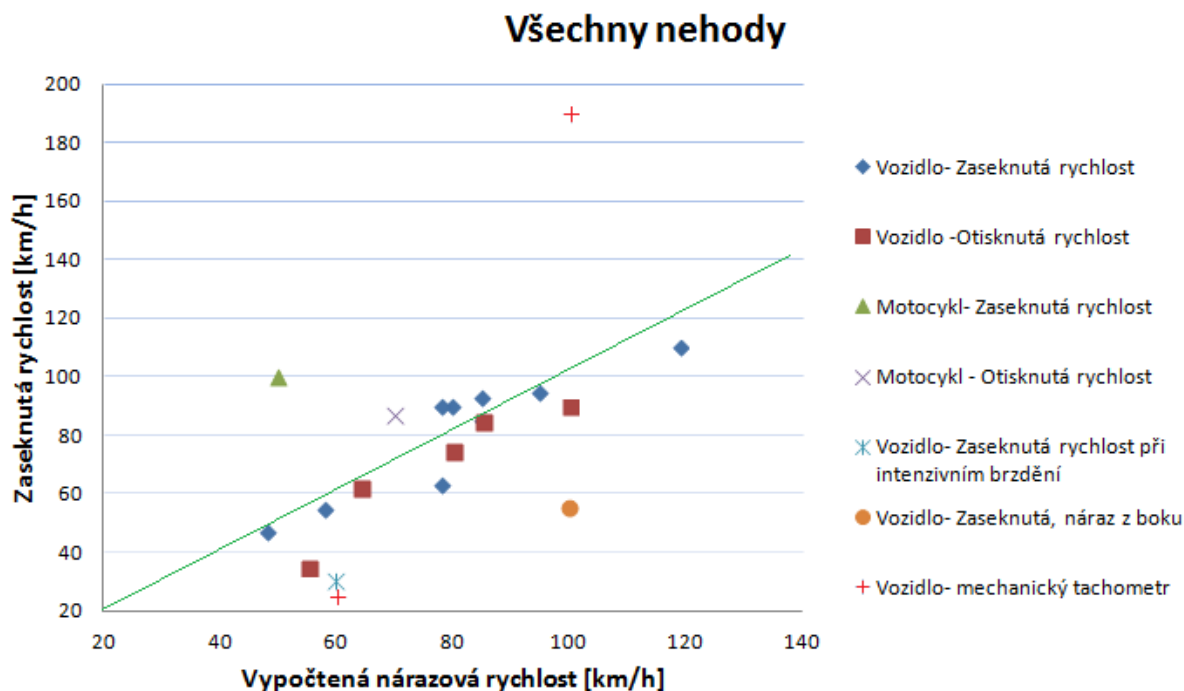
V následujících tabulkách je pro srovnání uvedena rychlost zaseknutá, popřípadě rychlost vyrytá v matnici tachometru. Zahrnuty jsou i nehody zkoumané soudním znalcem V. Rábkem.

Tabulka 6.2: Tabulka se zaseklým rychloměrem. Odchylka udává, o kolik % se litší zaseknutá rychlost od vypočítané nárazové

Č. nehody	Rychlost zaseknutá	Rychlost zjištěná	Odchylka [%]	Poznámky
6.1	63	78	-19	
6.2	110	119	-8	
6.3	90	80	+13	
6.5	25	60	-60	Mechanický tachometr
6.4	30	60	-50	Brzdění bez ABS
6.6	90	78	+15	
6.7	47	48	0	Známa rychlost- EDR
6.8	190	100	+90	Mechanický tachometr?
6.10	93	85	+9	
6.11	55	58	-5	
6.12	95	95	0	
6.13	100	50	+100	Motocykl
6.14	55	100	-45	Šikmý střet
6.16	85	85	0	

Tabulka 6.3: Tabulka s tachometry se stopami na matnici. Odchylka udává, o kolik % se litší otisk na matnici rychloměru od vypočítané nárazové rychlosti

Č. nehody	Rychlost otištěná	Rychlost zjištěná	Odchylka [%]	Poznámky
6.4	75	80	-6	
6.9	87	70	+24	Motocykl
6.15	85	85	0	
5.2.1	90	100	-10	
5.2.1	35	55	-36	



Obrázek 6.32: Na grafu je zobrazena vypočtená nárazová a zaseknutá či otisknutá rychlost.

Naprosto unikátní je nehoda vozidel Dodge Caliber a Seat Leon 6.7. U vozidla Dodge došlo k zaseknutí ukazatelů rychloměru i otáčkoměru. Vozidlo bylo vybaveno záznamovým zařízením EDR, díky kterému je známa přesná nárazová rychlost, a to 47 km/h. Rychloměr se zasekl na 30 mph, což odpovídá 48 km/h. U této nehody zaseknutá rychlost přesně odpovídá nárazové rychlosti.

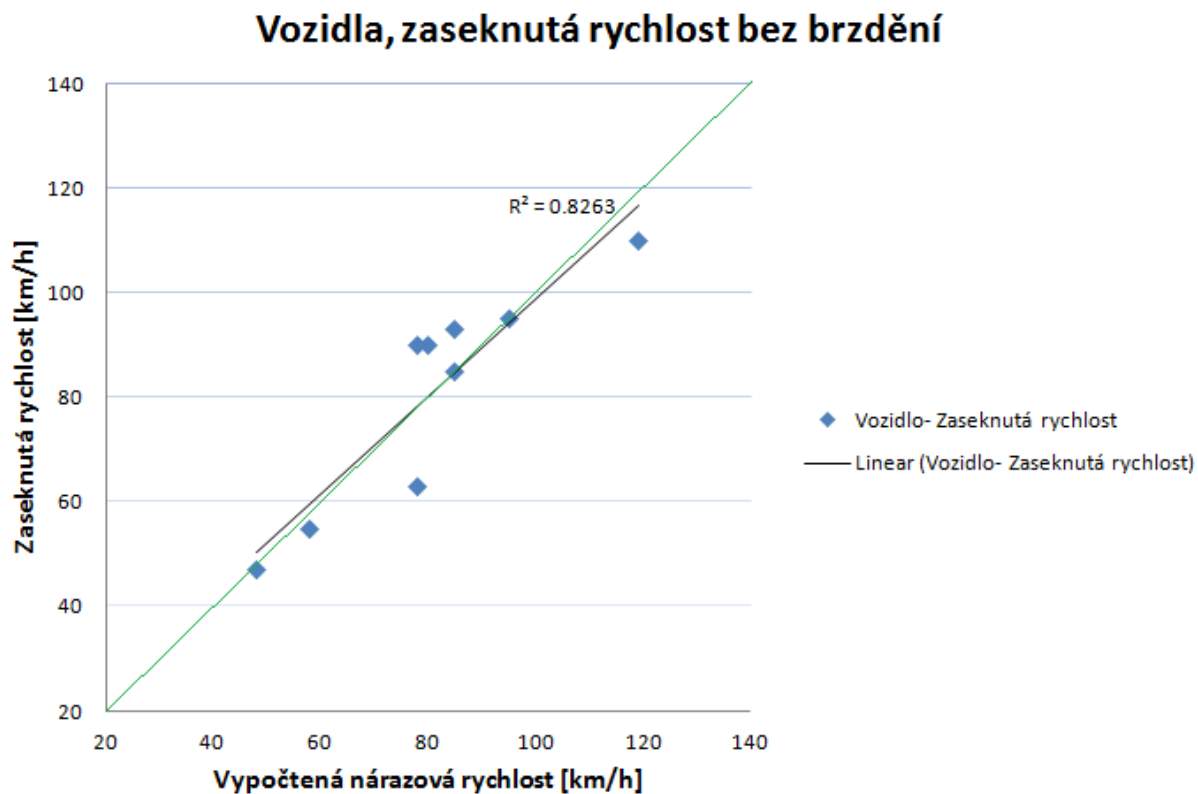
Zaseknutá rychlost při čelním střetu a intenzivním brzdění u dané konkrétní nehody 6.4 byla o 50% nižší, nežli rychlost vypočítaná. Vozidlo nebylo vybaveno ABS a zanechalo dlouhé smykové stopy. Na základě toho lze usoudit, že reálná nárazová rychlost bude vyšší, nežli rychlost zaseknutá, pokud vozidlo před střetem intenzivně brzdilo.

Zaseknutá rychlost při šikmém (cca 45°) čelním střetu 6.14, kdy náraz šel z pravé strany, a došlo ke kompletnímu oddělení přední části vozidla až po A sloupek (včetně motoru, převodovky a nápravnice) byla o 45% nižší, nežli rychlost vypočítaná. Akumulátor a elektronické jednotky jsou umístěny na podběhu před řidičem. Proto při této nehodě byla hloubka deformace před poškozením více než 1 m nežli došlo k fyzickému poškození napájení a s velkou pravděpodobností také k poškození čidla ABS a jeho vedení (PP kolo). Proto se při tomto typu nehod snižuje pravděpodobnost zaseknutí ukazatele rychloměru na nárazové rychlosti.

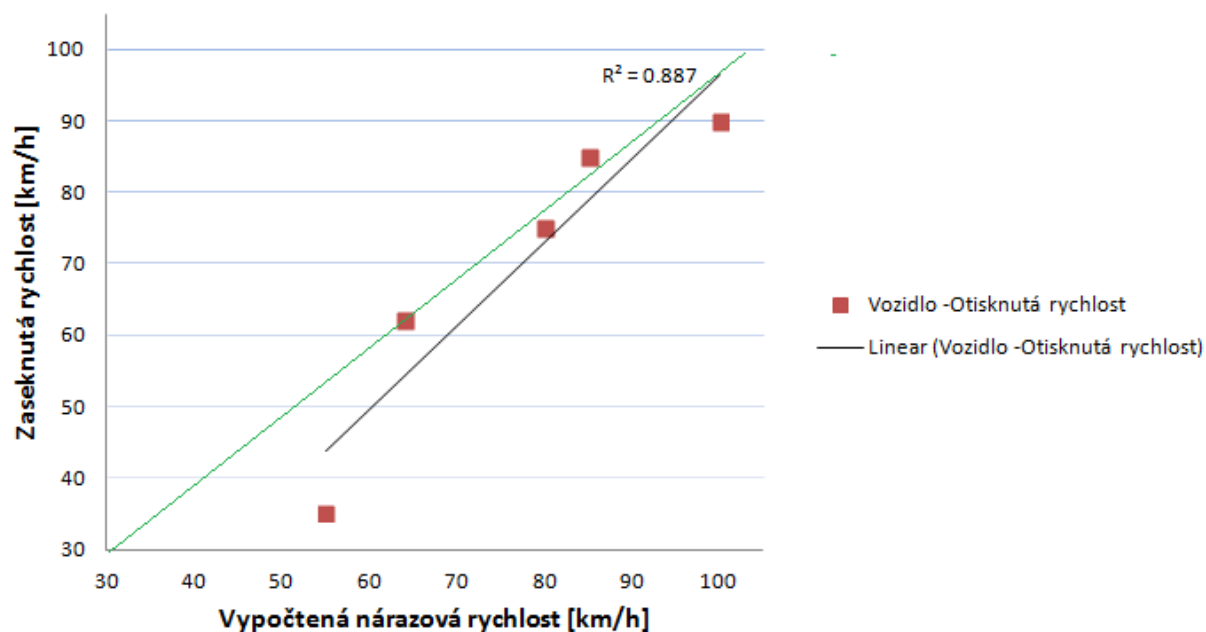
Při nehodě motocyklu (např. 6.13) dochází k zaseknutí tachometru i k otisku na matnici relativně často z důvodu absence deformačních zón a deformace přední vidlice. Náhon tachometru bývá u různých motocyklů řešen rozdílně. Např. z předního kola, z převodovky, ze zadního kola. Oproti vozidlům je signál brán vždy z jediného čidla, tudíž nedochází k průměrování signálu. Proto je zobrazovaná rychlost více závislá na prokluzu kol, zejména při brzdění. U motocyklu také dochází k většímu přerozdělení váhy z důvodu

6. PŘÍKLADY NEHOD SE ZASEKNUTÝM RYCHLOMĚREM

akcelerace či brzdění, což může vést ke kompletnímu odlehčení jednoho kola. Pokud je odlehčené kolo brzděno, dojde k jeho zablokování, pokud je hnané kolo pod plynem, dojde k jeho roztočení.



Obrázek 6.33: Graf pro čelní nehody vozidel, při kterých nebyly nalezeny stopy intenzivního brzdění a při kterých došlo k zaseknutí ručičky tachometru. Zelená přímka označuje teoretickou oblast, kde se rychlosti zaseknuté a vypočtené rovnají. Černá přímka je výsledek lineární regrese metodou nejmenších čtverců.

Vozidlo -Otisknutá rychlost

Obrázek 6.34: Graf pro čelní nehody vozidel, kde došlo k otisku ručičky rychloměru na matnici tachometru. Zelená přímka označuje teoretickou oblast, kde otisk na matnici rychloměru a rychlost vypočítaná rovnají. Černá přímka je výsledek lineární regrese metodou nejmenších čtverců.

Nutno podotknout, že data jsou omezeného rozsahu a nemusí mít dostatečnou vypočítací hodnotu.

7. Testování komponentů sdrúženého panelu přístrojů

Při vyjmutí klíčků ze zapalování je ručička v nulové poloze, ale panel přístrojů zůstává stále pod napětím. Kalibrace polohy (nulová poloha) je prováděna po odpojení akumulátoru (pokud je v úvahu brán běžný provoz) při jeho opětovném zapojení.

Nutno připomenout, že pokud je krokovými motorky poháněna ručička rychloměru, v zásadě je stejným principem hnáno i s ostatními ukazateli. Dále víme, že pokud se ručička zasekne na jediném přístroji (z důvodu výpadku napětí), tak se i ostatní ukazatele musí zaseknout.

Teoreticky by údaj z rychloměru a otáčkoměru měl odpovídat převodovému poměru konkrétního vozidla, zařazené rychlosti a velikosti kol. V případě nehody však nelze vyloučit vliv aktivit řidiče, kdy při brzdění většinou dochází i k vyšlápnutí spojky. Také se může stát, že řidič místo brzdového pedálu přidá plyn.

Dá se konstatovat, že hodnoty na přístrojové desce jsou takové, které vozidlo vyhodnotilo ze svých čidel. V případě nadlehčení kola, například při vjetí mimo vozovku (pole, obrubník), může jednoduše dojít k prokluzu jednoho či obou kol, tudíž ani údaj zobrazené rychlosti nemusí odpovídat skutečnosti. Také se může stát, že při nárazu do překážky dojde k upadnutí kola, čímž dojde i ke ztrátě signálu pro výpočet rychlosti.

Rychloměr

Hladkost pohybu rychloměru, stejně jako ostatních ukazatelů, závisí zejména na množství kroků motorku a převodovém poměru. Rychloměr je navíc i softwarově utlumen. To proto, aby nedocházelo ke kmitání ručičky kolem jedné polohy při konstantní jízdě, a zejména proto, aby byl potlačen nežádoucí vliv pracujícího systému ABS na zobrazovanou rychlost. Maximální rychlost pohybu ručičky rychloměru je jeden ze zadávajících parametrů pro výrobce sdrúženého panelu přístrojů. Rychlost se pohybuje mezi 260 - 300 °/s.

Otáčkoměr

Otáčkoměr, na rozdíl od rychloměru utlumen není. To proto, že nerovnosti v chodu jsou eliminovány setrvačником. Hlavním důvodem je to, že nároky na rychlost pohybu ručičky otáčkoměru jsou vyšší, nežli u rychloměru. Je to dáno tím, že zrychlení motoru (na neutrálu) je mnohem větší, nežli fyzikální možnosti vozidla akcelarovat.

Ukazatel teploty chladicí kapaliny

Ukazatel chladicí kapaliny je ve vozech Škoda naprogramován tak, aby ukazoval konstantní teplotu 90°C za situace, že kapalina má teplotu v rozmezí 70 - 100 °C.

Ukazatel množství paliva

V některých automobilech je množství paliva měřeno pouze při nastartování, kdy se předpokládá že vozidlo je v klidu. Aby se eliminovala změna hladiny při akceleraci, brzdění či průjezdu zatáčkou, úbytek paliva je odpočítán na základě informací palubního počítače o množství vstřikovaného paliva. Tuto skutečnost si většina uživatelů uvědomí až v případě

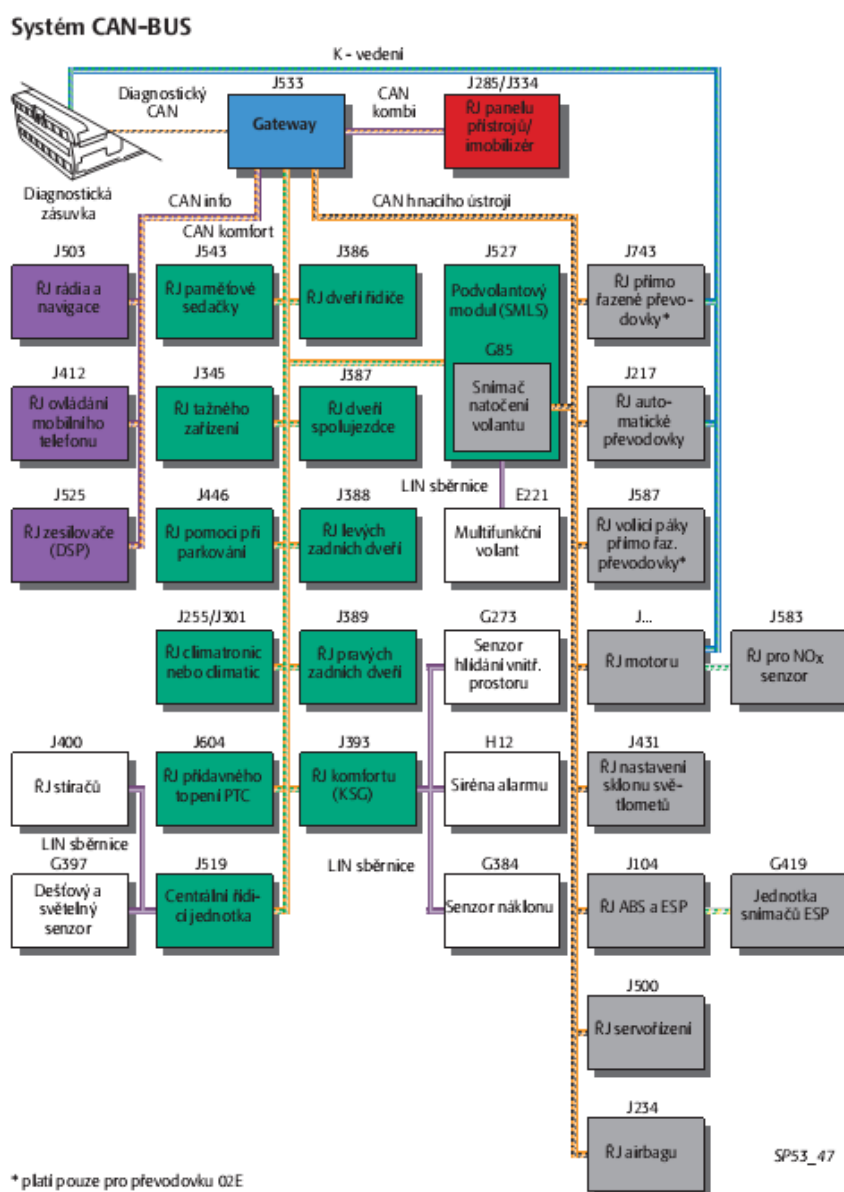
7.1. TESTOVÁNÍ NA SIMULÁTORU PANELU PŘÍSTROJŮ

namontování systému LPG, kdy žádný benzín není spalován, ale ukazatel ukazuje stále méně paliva v nádrži.

7.1. Testování na simulátoru panelu přístrojů

Oddělení tachometrů ve Škoda Auto disponuje jednoduchým simulátorem chování sdruženého panelu přístrojů. Pro představu komplexnosti sítě CAN je přiloženo schéma obr. 7.1 vozidla Škoda Octavia II.

Zmíněný simulátor pouze generuje signály z různých čidel či řídících jednotek. Simulátor je při testování propojen s panelem přístrojů pouze sběrnicí CAN (žádné další napájení). Simulátor se tedy chová jako Gateway (J533).



Obrázek 7.1: Schéma CAN sběrnice Škoda Octavia 2 [10]

Z testů vyplynulo toto:

7. TESTOVÁNÍ KOMPONENTŮ SDRUŽENÉHO PANELU PŘÍSTROJŮ

Výpadek napájení

Při výpadku napájení dojde k zaseknutí všech ručiček v poloze, ve které při výpadku byly.

DŮLEŽITÉ: při výpadku napájení nedojde k zápisu žádné chybové hlášky. Pokud je panel přístrojů po nárazu schopen provozu, při PŘIPOJENÍ NAPÁJENÍ (připojení "živého" CANu) setrvá ručička cca 0,1 sekundy v klidu, pak SE VŠECHNY RUČIČKY POSUNOU DO KALIBRAČNÍ POLOHY (nulová poloha) rychle netlumenou rychlostí.

To je třeba mít na paměti, pokud je potřeba zjistit stav počítadla kilometrů, které je zobrazováno na LCD popř. uloženo v paměti palubního počítače. Napojení na externí akumulátor, nebo pomocí startovacích kabelů za účelem zjištění stavu počítadla kilometrů je doporučeno např. v [17]

Odpojení CAN

Při odpojení datové sběrnice (ztráta signálu) ukazatel na chvíli zůstane v poloze, ve které k výpadku došlo. (méně než 1 sekunda). Poté ručička rychle netlumenou rychlostí padá do nulové polohy.

Aktivace airbagu

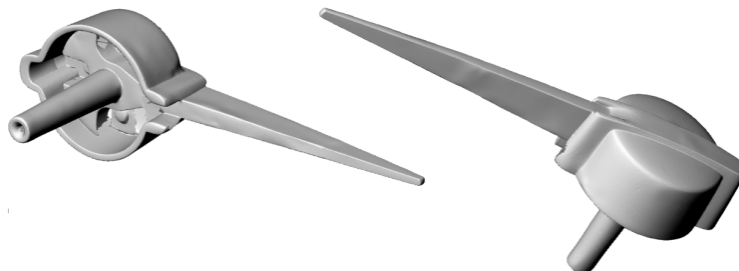
Při aktivaci airbagu dojde k zastavení motoru odpojením elektroniky, napájení však zůstane zachováno pro osvětlení vozidla i panel přístrojů.

Ztráta signálu ABS

Pokud dojde k poškození snímače ABS v jednom kole hnané nápravy, indikovaná rychlost bude poloviční, protože se počítá jako průměr rychlostí z hnané nápravy.

Pokud dojde k poškození celé jednotky ABS nebo k fyzickému přerušení datové sběrnice (mezi jednotkou ABS a Gateway), panel přístrojů funguje jako při ztrátě signálu, resp. stejně jako při odpojení CAN. To jest vrácení ručičky do nulové polohy.

7.2. Vlastnosti ručičky



Obrázek 7.2: Naskenovaný 3D model ručičky

Hmotnost ručičky

Hmotnost ručičky je 1,267 g.

7.2. VLASTNOSTI RUČIČKY

Převodový poměr šnekové převodovky

Převodový poměr šnekového převodu je 1:50.

7.2.1. Určení těžiště ručičky

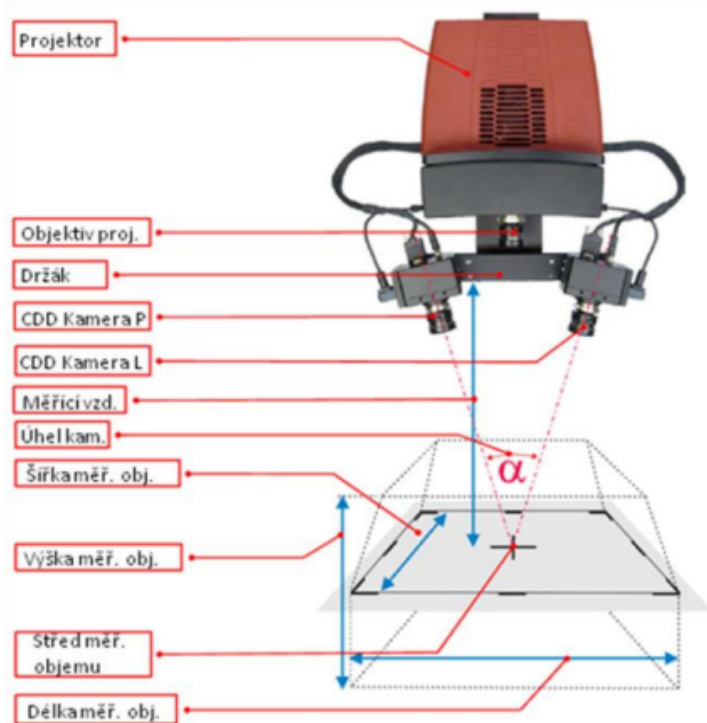
Pro určení těžiště a momentu setrvačnosti ručičky je potřeba její přesný 3D model. Ten byl vytvořen 3D scanováním. Těžiště průhledné ručičky a černé čepičky je cca 2,5 mm od osy otáčení.

3D scan

Pro bezkontaktní digitalizaci tělesa lze použít technologie založené na čtyřech principech. Ty jsou optické, mikrovlné (radar), ultrazvukové (sonar) a rentgenové (tomograf). FSI je vybavena jak optickými skenery (Ústav konstruování) tak počítačovým tomografem: CT a mikroCT (Ústav fyzikálního inženýrství). Tomografy dokáží analyzovat i vnitřní strukturu materiálu a jsou celkově přesnější, avšak pro potřeby scanování ručičky rychloměru bohatě dostačuje optické scanování. Bylo tedy využito vybavení Ústavu konstruování, konkrétně scanner ATOS Triple.

Rozlišení až 60 bodů / mm (u malých objektů), odchylka měření se pohybuje od 0,005 mm.

Pracovní postup: jelikož je ručička z průhledného materiálu, pro optické scanování je potřeba ji nabarvit. Z pravidla se používá speciální stíratelná bílá barva ve spreji. Poté se na zkoumané těleso nalepí reflexní body a to tak, aby při jakémkoliv pohledu byly viditelné alespoň 4 body. Princip snímání je na obrázku 7.3



Obrázek 7.3: Skenovací hlava ATOS [19]

Určení materiálů ručičky

Ručička se skládá ze dvou částí, přičemž každá je tvořena jiným materiálem. Přesné použité materiály nejsou známy, proto byly odhadnuty. Číré rameno ručičky je průhledné, bezbarvé, nejsou na něj prakticky žádné pevnostní nároky. Takové charakteristice dle [?plastydtu?] odpovídají materiály: PC (polykarbonát), PS (polystyren), PVC, PMMA (polymetylmethakrylát). Prakticky s jistotou lze konstatovat, že ručička byla vyrobena vstřikováním. Tím lze eliminovat PVC, které je vstřikováno pouze ve speciálních případech. Ceny se pohybují okolo 35 czk/kg pro PS, 70 czk/kg pro PMMA a 125 czk/kg za polykarbonát. Z toho bylo usouzeno, že materiál ručičky je polystyren. V běžné domácnosti bývá průhledný polystyren používán například jako dvířka sprchových koutů.

Hustota polystyrenu bez plniců se pohybuje okolo $1050 - 1120 \text{ kg/m}^3$ [54]. V [53] lze dohledat velké množství dodavatelů, stejně tak jako materiálové listy k většině produkováných plastových hmot.

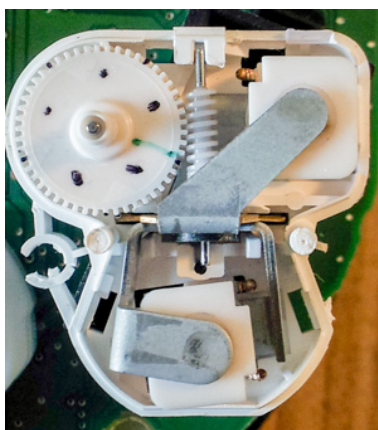
Materiál černé čepičky může být prakticky cokoliv. Tip je ABS (akrylonitril-butadien-styren). Ten stojí okolo 70 czk/kg, hustota je okolo 1050 kg/m^3 .

Pro potřeby diplomové práce je uvažována shodná hustota obou materiálů, tudíž těžiště bylo určeno jako těžiště uzavřených ploch ve formátu stl v programu Rhinoceros.

Poloha těžiště

Poloha těžiště je cca 2,5 mm od osy otáčení. Je třeba podotknout, že ručičky dražších vozidel mívají závaží, čímž se těžiště přiblíží ose otáčení a ručička je ve statické rovnováze.

7.3. Testování tachometru se šnekovou převodovkou



Obrázek 7.4: Foto rozebrané šnekové převodovky ze Škody Octavie III- benzinová verze [63]

Určení počtu kroků motorku se šnekovou převodovou

Při testování byl použit jednoduchý řídicí systém, který neumožňuje tzv. 1/2 kroky (viz 4.4.1). Mechanické dorazy v převodovce dovolují rotaci ručičky v úhlu 330° . V tomto rozmezí bylo naměřeno cca 180-190 kroků ukazatele. To dělá cca $1,8^\circ$ na krok. Pokud má ukazatel rozsah 0-240 km/h při rozsahu 0- 270° , v daném spektru je využito pouze 150 kroků

7.3. TESTOVÁNÍ TACHOMETRU SE ŠNEKOVOU PŘEVODOVKOU

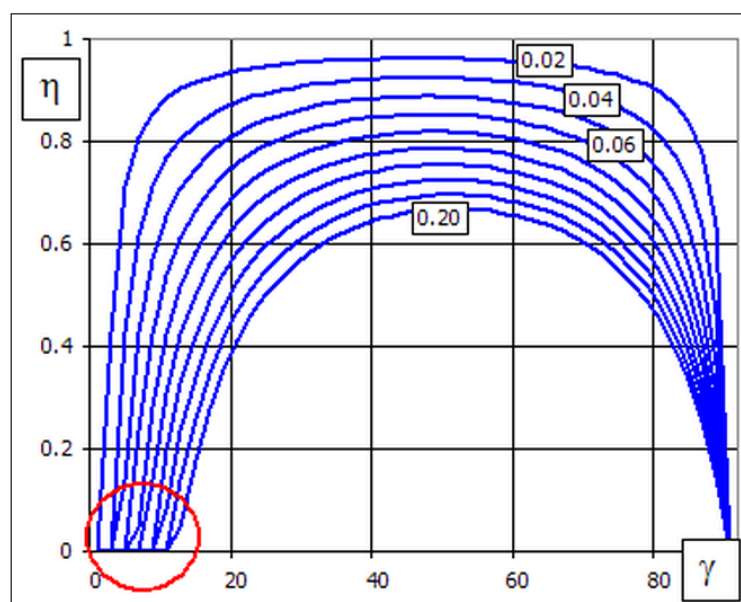
ručičky. To odpovídá kroku 1,6 km/h. Za předpokladu použití "half stepping", dostáváme se ke kroku kolem 0,8 km/h.

Moment potřebný k pootočení ručičky se skládá zejména z odporu převodovky a odporu v krokovém motorku.

Odpor převodovky

Vlastnosti, silové poměry, účinnost a zejména samosvornost šnekové převodovky závisí na převodovém poměru, použitém materiálu a konstrukci šnekového soukolí (úhel stoupání, třecí úhel).

Mez samosvornosti šnekového převodu nastává v okamžiku, kdy je úhel stoupání roven třecímu úhlu. Pro představu je mez samosvornosti zobrazena v červeném kolečku na obr. 7.5.



Obrázek 7.5: Účinnost (osa Y) šnekového převodu v závislosti na úhlu stoupání (osa X) a třecím úhlu (modré křivky), s vyznačenou oblastí samosvornosti (v kružnici) [55]

Zkoumaný krokový motor společně se šnekovou převodovkou NENÍ SAMOSVORNÝ. Proto byl měřen moment potřebný k přeskočení ručičky.

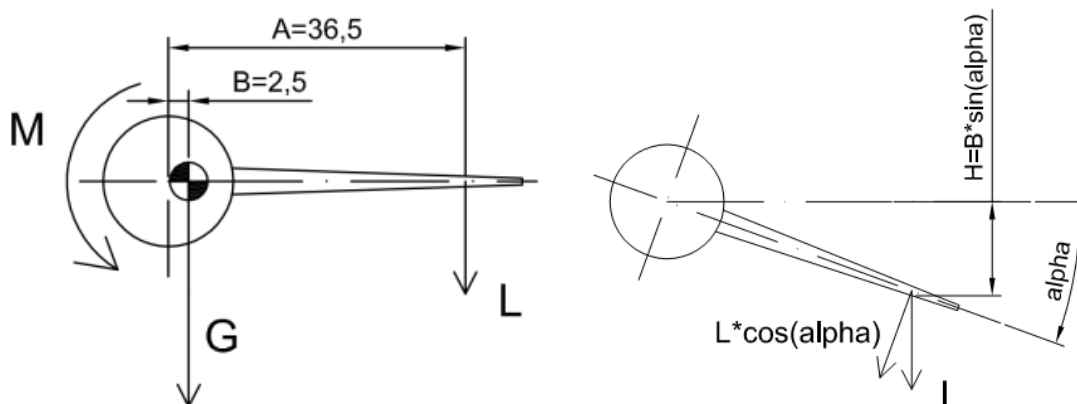
7.3.1. Měření momentu pro pootočení ručičky

Experiment byl proveden na krokových motorech s převodovkou dodaných společností Škoda Auto a.s. . Testované komponenty pochází z vozidla Škoda Octavia III.

Na obrázku 7.3.1 jsou znázorněny síly působící na testovanou ručičku. M je moment vnitřních odporů v převodovce, společně s momentem vyvozeným krokovým motorkem. Ten je však vzhledem k odporům v převodovce zanedbatelný. Krokový motor nebyl pod napětím. Závaží L na rameni A společně s hmotností ručičky G , působící v těžišti ručičky vzdáleným B od osy otáčení, působí proti směru momentu M . Moment způsobený hmot-

7. TESTOVÁNÍ KOMPONENTŮ SDRUŽENÉHO PANELU PŘÍSTROJŮ

ností ručičky je zanedbatelný odproti momentu způsobeným závažím, tudíž s ním nebylo počítáno.



Obrázek 7.6: Síly působící na ručičku

Určení zrychlení, při kterém v nejideálnějším případě dojde k pootočení ručičky bylo počítáno následujícím způsobem:

$$L \cdot A \cdot g = G \cdot B \cdot g \cdot X \quad (7.1)$$

kde g je gravitační zrychlení [m/s^2], L je hmotnost závaží [g], G je hmotnost ručičky [g], A je vzdálenost působení závaží L od osy otáčení, B je vzdálenost těžiště ručičky od osy jejího otáčení.

X je hledané zrychlení [g], kdy setrvačnost ručičky překoná moment odporů v převodovce.

$$X = \frac{L \cdot A}{G \cdot B} \quad (7.2)$$

Statické zatížení

Testovány byly 2 náhodně vybrané motorky, umístěné na PCB (deska tištěných spojů). Na výstupní hřídel převodovky byla připevněna standardně dodávaná ručička. Do ručičky byl zhotoven zářez ve vzdálenosti 36,5 mm od osy otáčení. Do tohoto zářezu byla přivázána niť, na které bylo umístěné závaží v podobě nádoby, do které se postupně přidávala voda. Při začátku měření byla ručička natočena do vodorovné polohy a nádoba byla pomalu napouštěna kapalinou. Při překonání kritického momentu statického tření ve šnekové převodovce se ručička pootočila ve směru působícího momentu.

Na testovaných motorcích byly dvě testovací polohy, navzájem pootočené o 180° . Bylo otáčeno protisměru i po směru otáčení hodinových ručiček.

7.3. TESTOVÁNÍ TACHOMETRU SE ŠNEKOVOU PŘEVODOVKOU

Tabulka 7.1: Tabulka hodnot statického měření. Konfigurace vyjadřuje startovací směr a polohu ručičky. Hodnoty u sloupce Měření znamenají závaží v gramech, při kterém došlo k pootočení.

Č. motorku	Konfigurace	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Pr, hodnota	Zrychlení X
1	1	41,996	34,370	42,102	39,49	450
1	2	66,387	58,598	50,620	58,52	670
1	3	18,253	39,633	22,849	26,93	310
2	1	39,533	61,878	74,896	58,77	670
2	2	64,387	64,342	x	65,42	750

Měření naznačilo, že rozptyl naměřených hodnot i pro jediný motorek s převodovkou se liší o více než 100%.

Dynamické zatížení

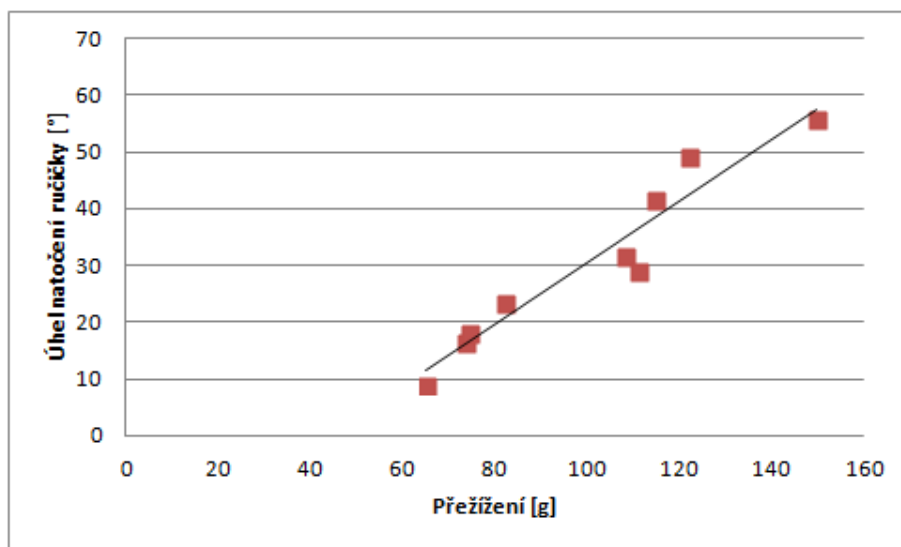
Dynamické zatížení bylo měřeno obdobným způsobem s tím rozdílem, že zátěž byla hledána taková, kdy při poklepání ručičky došlo k pootočení. Poklepání působilo proti směru gravitace, čímž bylo závaží krátkodobě nadlehčeno. To stačilo na překonání statického tření ve šnekové převodovce a k pootočení ručičky s o mnoho menším závažím.

Měření bylo prováděno na několika motorech s měnícím se závažím. Změnou závaží by mělo dojít ke změně úhlu, ve kterém se ručička zastaví. Potencionální energie závaží se při pootočení ručičky ztratí v třecích odporech šnekové převodovky.

Tabulka 7.2: Tabulka hodnot dynamického měření

Č. měření	Závaží	Úhel 1	Úhel 2	Úhel 3	Pr. úhel	Zrychlení X
1	12,996	58	48	62	56	150
2	9,934	40	42	43	42	115
3	10,593	50	53	45	49	120
4	6,383	19	16	15	17	73
5	7,113	23	25	22	23	80
6	5,653	10	8	9	9	65
7	6,456	18	16	20	18	75
8	9,386	38	32	25	32	105
9	9,629	28	30	29	29	110

7. TESTOVÁNÍ KOMPONENTŮ SDRUŽENÉHO PANELU PŘÍSTROJŮ



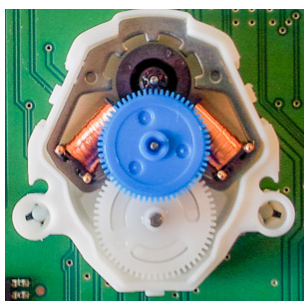
Obrázek 7.7: Závislost úhlu natočení na odpovídající velikosti přetížení

Při závaží menším než 5,65 g nedošlo k pootočení ručičky.

Z toho lze usoudit, že při nejideálnějším případě, kdy dojde k nárazu z boku, a v době nehody je rychlost v 1/2 svého rozsahu (většinou kolem 100 km/h), zrychlení v příčném směru musí být nad 50 g a trvat dostatečně dlouhou dobu, aby došlo k pootočení ručičky.

Nutno připomenout, že toto platí pouze pro konkrétní testovaný model se šnekovou převodovkou.

7.4. Testování tachometru bez šnekové převodovky



Obrázek 7.8: Foto rozebrané převodovky ze Škody Octavie III- naftová verze- převod ozubenými koly [63]

Odpor převodovky s čelními ozubenými koly proti pootočení ručičky je nesrovnatelně menší, nežli se šnekovou převodovkou.

Ukazatel lze pootočít pouhým fouknutím.

Pokud ručička při své rotaci narazí na mechanické dorazy v převodovce, odrazí se zpět.

Z toho plyne, že v jednom konkrétním typu vozidla mohou být tachometry s různým konstrukčním uspořádáním. I když na první pohled vypadají shodně, používají shodné ručičky a při provozu mají stejné vlastnosti, pokud dojde k výpadku napájení mají různé konstrukční řešení naprosto odlišné vlastnosti.

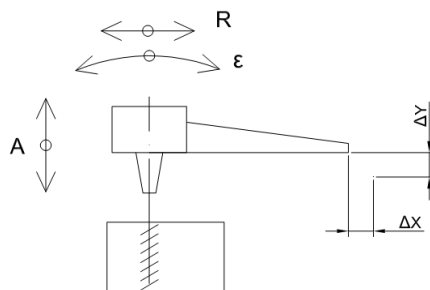
7.5. TESTOVÁNÍ OTISKU RUČIČKY NA MATNICI

Pokud je pohon řešen šnekovou převodovkou, lze s největší pravděpodobností prohlásit, že k pootočení již zaseklé ručičky neodjde. **Pokud je převod řešen čelním soukolím, k pootočení dojde i při působení malých sil a pravděpodobnost, že zaseknutá rychlost odpovídá zobrazované rychlosti v době výpadku napájení, výrazně klesá zejména u šikmých, nebo čelních střetů s rotací.**

7.5. Testování otisku ručičky na matnici

Vůle v uložení hřídele ručičky

Jak je viděl na obr. 7.2, samotné rameno ručičky odpovídá nosníku o konstantním napětí, čímž je dosaženo nejlepšího poměru tuhosti a hmotnosti. Pokud tedy dojde k pohybu konce ručičky k matnici, z největší části se na tom podílí vůle v převodovce, elastická deformace hřídele, na které je nasazena ručička, a vůle v upevnění těla převodovky k PCB tachometru.



Obrázek 7.9: Schématický obrázek uložení hřídele

Axiální vůle A u šnekové převodovky je cca 1 mm, u převodovky s ozubenými koly je axiální vůle prakticky 0 mm.

Radiální vůle R u šnekové převodovky je $\pm 0,5$ mm, u převodovky s ozubenými koly je $\pm 0,2$ mm.

Hodnota ΔY odpovídá vzdálenosti hrotu ručičky k matnici. Tato hodnota je 5 mm pro oba typy tachometru.

Radiální vůle R společně s elasticou deformací výstupní hřídele ϵ vyústí v posuv hrotu ručičky. Pokud má dojít ke kontaktu ručičky a matnice, musí překonat hodnotu ΔY . Při tom však může dojít i k posuvu v radiálním směru o hodnotu ΔX . V případě šnekové převodovky, ΔX je okolo 2 mm. U převodovky s ozubenými koly to je okolo 1 mm.

Shrnutí: Řešení se šnekovou převodovkou má větší vůle, což vede k výrazně větší pravděpodobnosti otisku ručičky na matnici. Zjištěné vůle a možnosti pohybu hrotu ručičky ve směru ΔX potvrzují, že rýhy na tachometru a otáčkoměru zkoumané V. Rábkem v 5.2.1 mohou být způsobeny ručičkou, i když se samotné rýhy nachází mimo obvyklou oblast pohybu hrotu.

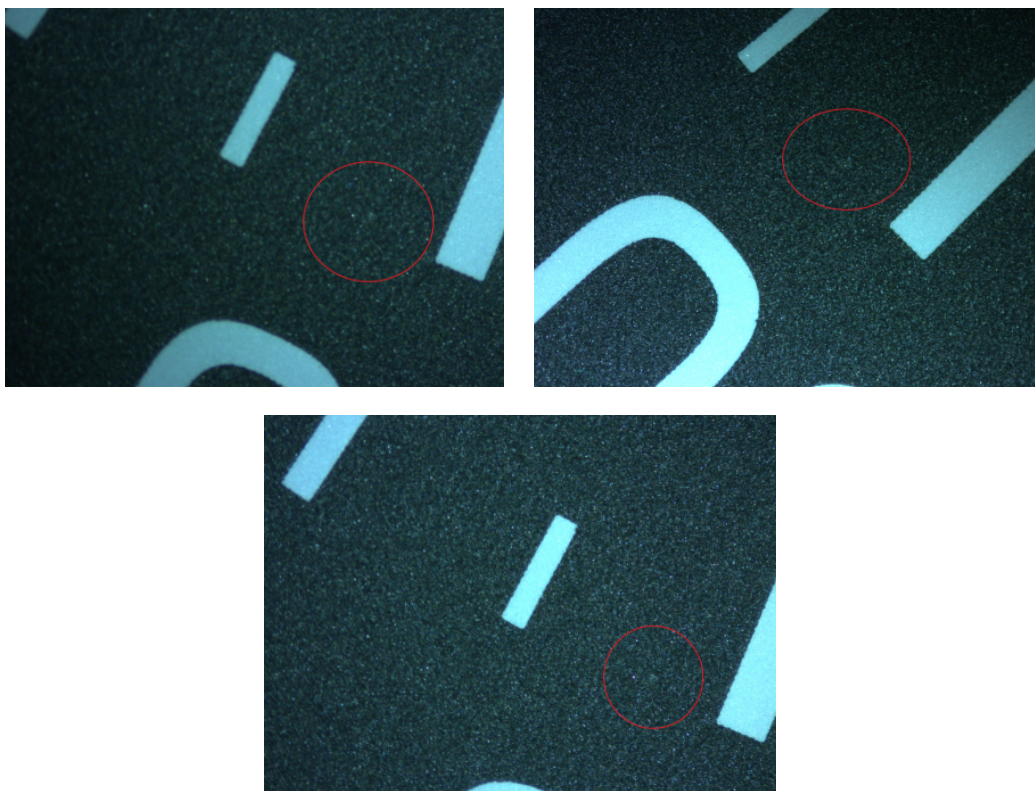
Zkoumání otisku

Testován byl tachometr vozidla Octavia III, které prodělalo čelní crash test v 64 km/h. Běžným pohledem okem ani lupou nebylo žádné poškození matnice patrné. Matnice poté byla opatrně oddělena z těla tachometru, a prozkoumána pod mikroskopem.

7. TESTOVÁNÍ KOMPONENTŮ SDRUŽENÉHO PANELU PŘÍSTROJŮ



Obrázek 7.10: Prohlídka matrice pod mikroskopem a porovnání tachometru pro naftové a benzinové motory



Obrázek 7.11: Prohlídka matrice pod mikroskopem s označením místa otisku okolo 62 km/h

I když se jedná o typ tachometru bez šnekové převodovky, pod mikroskopem byl nalezen otisk na matnici v oblasti 62 km/h v místě, které odpovídá poloze hrotu ručičky. Tudíž otisk s největší pravděpodobností vznikl dotykem konce ručičky.

Jednalo se o standardní crash test do deformovatelné bariéry s 40% překrytím. Nárazová rychlost byla přesně 64 km/h. Dle normy pro přesnost tachometru musela být zobrazovaná rychlost v okamžiku nárazu v rozmezí 64 - 74 km/h. Po nárazu do bariéry

7.5. TESTOVÁNÍ OTISKU RUČIČKY NA MATNICI

došlo k rotaci vozu. K otisku tedy nedošlo při prvotním kontaktu s bariérou, ale až když byla rychlost vozidla snížena a deformace dosáhla části karoserie s vyšší tuhostí, což vedlo k většímu přetížení a elastické deformaci ukazatele.

8. Řešení konkrétní nehody

Součástí diplomové práce je také vypracování cvičného posudku na konkrétní dopravní nehodu.

Jedná se o nehodu 6.10. Analytické řešení této nehody je ve cvičném znaleckém posudku v příloze 1, report ze simulačního programu Virtual Crash 2.2 je v příloze 2.

Popis nehody

Vozidlo Citroën jelo z města Poličky a na křižovatce hodlalo odbočit vlevo směrem do osady Modřec. V protisměru jelo vozidlo Peugeot ze směru obce Jedlová. V prostoru křižovatky došlo ke střetu.



Obrázek 8.1: Plánek místa nehody s vyznačenými střetovými polohami

Poškození vozidel vyloučilo výpověď řidiče Citroën, který tvrdil že jel odbočovacím pruhem, když do něj narazilo protijedoucí vozidlo Peugeot. Vozidlo Citroën muselo jet v levé části vozovky (v protisměru) a poté strhnout volant doprava. Obrázky poškození vozidel jsou v 6.10 a v příloze.

Výpočet nárazových rychlostí

V analytickém výpočtu byla výběhová rychlost určena aritmetický průměr rychlostí vypočtených dle Marquarta, Burga a postřetové vzdálenosti. Postřetová rychlost byla určena na základě rozkladu hybností.

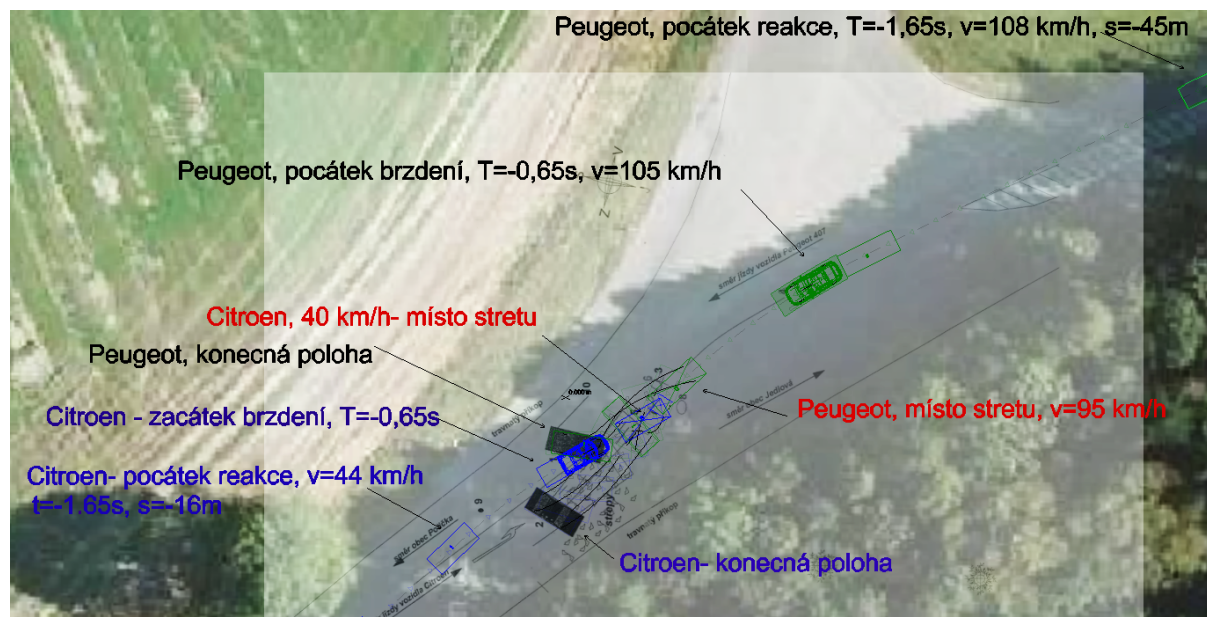
- výběhová rychlost vozidla Peugeot: 40 km/h
- výběhová rychlost vozidla Citroën: 33 km/h
- nárazová rychlost vozidla Peugeot: 99 km/h
- nárazová rychlost vozidla Citroën: 40 km/h

V simulačním programu Virtual Crash byly získány tyto rychlosti

- nárazová rychlost vozidla Peugeot: 95 km/h
- nárazová rychlost vozidla Citroën: 40 km/h

Předstřetový pohyb

Vozidlo Peugeot zanechalo smykové stopy dlouhé 14 m. Rychlost v okamžiku začátku brzdění (i v okamžiku reakce) byla vypočtena na 107 km/h. Uvažované reakce obou řidičů jsou 1 s. Předpokládáné je i brzdění vozidla Citroën. Vypočtená rychlost vozidla Citroën v okamžiku reakce byla vypočtena na 44 km/h.



Obrázek 8.2: Plánek místa nehody s vyznačeným předstřetovým i postřetovým pohybem

Shrnutí

Při této nehodě došlo k zaseknutí rychloměru u vozidla Peugeot na rychlosti 93 km/h. Nárazová rychlost vozidla Peugeot byla soudním znalcem vypočtena na 85 km/h. Mnou vypočtená rychlost je 95 km/h.

9. Závěr

Přesnost tachometrů

Přesnost ukazatele rychlosti je dána předpisem EHK 39. Zobrazovaná rychlost musí být přinejmenším stejná, nebo o 10% + 4 km/h větší nežli reálná rychlost. Zkoušky se provádí při rychlosti 40 km/h, 80 km/h a 120 km/h.

Indikovaná rychlost závisí zejména na rozměrech pneumatiky. Například u vozidel Škoda Superb II a Fabia II je rozdíl v délce obvodu povolených rozměrů pneumatik 7% (Superb) resp. 5% (Fabia).

Reálné rozměry pneumatik musí odpovídat nominálním rozměrům dle směrnice EHK 30. Například u pneumatiky 155/80 R13 rozdílných výrobců může odchylka na průměru kola (tzn i obvodu) dosáhnout 3% . U zimních pneumatik to může být o další 1 % více.

Rozměry pneumatik závisí také na opotřebení, teplotě, tlaku, zatížení a rychlosti odvalování. Například u pneumatiky Dunlop 205/55 R15 se dynamický obvod změnil o 2% z důvodu opotřebení (celkem 7mm na poloměru), vlivem odstředivých sil při rychlosti nad 160 km/h se zvýší o 1,1 %, při zahřátí na provozní teplotu se zvětší o 0,7%. Dynamický poloměr, stejně jako zobrazovaná rychlost se sníží, pokud pneumatika není dostatečně nahuštěna.

Konstrukce tachometrů

Rychloměry lze rozdělit následně. Mechanicky poháněné lankem, které se poznají podle mechanického počítadla ujetých kilometrů. Pokud u tohoto typu dojde k zaseknutí rychlosti, je to způsobeno deformací součástek uvnitř tachometru, s největší pravděpodobností nebude odpovídat nárazové rychlosti. Dále byly používány tachometry fungující na principu voltmetru, a pro ně platí stejný závěr jako pro mechanicky poháněné rychloměry.

V současnosti používané rychloměry jsou poháněny krokovým motorkem s převodovkou. Signál rychlosti byl umístěn v převodovce, ale od doby, kdy je v EU ABS povinnou výbavou, je údaj rychlosti brán jako průměr z hnané nápravy.

K zaseknutí ručičky dojde pouze v případě výpadku napájení, nebo fyzického odpojení datové sběrnice od sdruženého panelu přístrojů. Při tom nedojde k zapsání chybové hlášky do paměti panelu přístrojů. Pokud je panel přístrojů následně připojen na zdroj energie, ručičky se vrátí do nulové polohy. Připojení zdroje napětí může být vyžadováno například pro zjištění počtu najetých kilometrů.

Po odpojení datové sběrnice (vypnutí Gateway při zachování napětí) ručička po krátkou dobu menší než 1 s setrvá na místě, a poté jde netlumenou rychlostí do nulové polohy.

Zaseknutí ručičky

Pokud dojde k čelní nehodě bez známek intenzivního brzdění daného vozidla, zaseknutá rychlost tachometru ve většině případů odpovídá nárazové rychlosti s odchylkou do 20%. Někdy, zejména u mechanicky poháněných rychloměrů, však odchylka dosahuje 45-90 %. U čelních střetů s brzděním bude zaseknutá rychlost s největší pravděpodobností nižší než nárazová.

Nehod vozidel s šikmým nárazem nebo nehody motocyklů se zaseknutím ručičky rychloměru či otiskem na matnici nebylo dostatečné množství, aby byl vyvozen jednoznačný závěr.

Analýza konkrétních rychloměrů

Prozkoumány byly dva tachometry používané ve vozech Škoda Octavia III. Na první pohled se mimo potisku otáčkoměru neliší. Jedná se o benzinovou a naftovou verzi s tím, že jedna používá šnekové převodovky, druhá převody s čelními ozubenými koly.

K pootočení dojde pouze v případě, že je přerušeno napájení sdruženého přístroje.

Šneková převodovka není samosvorná, a síla, resp. přetížení při kterém dojde k pootočení ručičky musí být v nejideálnějším případě alespoň 50 g. Nejideálnějším případem se rozumí působení příčného přetížení kolmo na podélnou osu vozidla v momentě, kdy ručička je v polovině svého rozsahu (cca 120 km/h) a přetížení působí dost dlouhou dobu. Tato verze má větší vůle v převodovce, tudíž i pravděpodobnost otisku ručičky do matnice je vyšší. U verze, kde je převodovka tvořena čelním soukolím k pootočení stačí velmi malé síly. Ručička se pohne pouhým fouknutím. Navíc, pokud ručička narazí na mechanické dorazy v převodovce, odrazí se zpět (u verze se šnekovou převodovkou nikoli).

Otisk na matnici

Z analýzy dostupných nehod vyplynulo, že při silném čelním nárazu s velkou pravděpodobností dojde k otisku ručičky do matnice tachometru, přičemž tato otisknutá rychlost bývá o 5-30 % nižší, nežli vypočtená nárazová rychlost.

Prozkoumán byl i tachometr z vozidla, které bylo použito při čelním crashtestu při rychlosti 64 km/h. Okem ani lupou nebyl žádný otisk viditelný. Pod mikroskopem byl objeven nepatrný otisk okolo 62 km/h v místě hrotu ručičky. Vůle v převodovce dovoluje pohyb ručičky i mimo osu otáčení, a to až 2mm v radiálním směru. Proto otisk či rýha na ukazatelích nemusí být pouze v oblasti, kde se běžně pohybuje hrot ručičky. Dle [50] byla prozkoumána možnost otisku na matnici při chrash testech do betonové bariéry v rychlostech do 80 km/h, avšak žádný otisk nebyl nalezen. Z toho lze vydedukovat, že možnost otisku vždy záleží na konkrétní konstrukci panelu přístrojů.

Shrnutí

Tachometry NEJSOU konstruované k tomu, aby v případě nehody došlo k otisku na matnici, zaseknutí ukazatele nebo zapsání chybové hlášky. Pokud k něčemu podobnému dojde, bývá to důsledkem enormních deformací či zpomalení.

Všeobecně lze konstatovat: pokud je tachometr vybaven mechanickým počítadlem ujeté vzdálenosti, nelze zaseknuté rychlosti věřit. Tento typ lze využít pouze v případě otisku na matnici. Pokud je počítadlo ujeté vzdálenosti na bázi LCD a daný model vozidla byl na trh uveden před rokem 2007 (rok, od kdy je v EU ABS povinnou výbavou), údaje pro ukazatel rychlosti je brán čidlem z převodovky. U vozidel s ABS vyrobených před r. 2007 je signál o rychlosti brán z čidel ABS (například Škoda Fabia I, Škoda Roomster). U modelů uvedených na trh po 2007 je signál o rychlosti získáván z čidel ABS.

Hodnotu zaseknuté ručičky lze brát jako orientační nástřel pro analýzu nehody pouze v případě, kdy dojde k čelnímu střetu na vozovce bez stop intenzivního brzdění. I přesto se objevují případy, kdy se zaseknutá rychlost liší i o 90%. Otisk na matnici bude nárazové rychlosti odpovídat s větší pravděpodobností, nežli zaseknutá ručička (přičemž nárazová rychlost bývá o něco větší). Toto platí pro čelní střety na pozemních komunikacích, kde je malá pravděpodobnost nadlehčení kola a jeho zablokování nebo roztočení na vyšší otáčky.

Pozice zaseknuté ručičky musí být zdokumentována na místě nehody. Pokud se jedná o tachometr s převodovkou s čelními ozubenými koly, ručička může změnit svou polohu při vyprošťování a převozu vozidla. Při následné prohlídce může být zaseknutá ručička v jiné poloze také z důvodu manipulace zainteresované osoby. Rozebrat tachometr a libovolně pootočit ručičku lze v době kratší než 1 min.

Je vhodné zkontrolovat, zda u (individuálně) dovezených vozidel z USA je přítomno záznamové zařízení (EDR).

Při silnějších střetech je silně doporučeno prozkoumat matnici pod mikroskopem, i když na pohled okem či pod lupou nevykazuje žádné poškození. Otisk se objevuje již při střetu s $\Delta V = 65 \text{ km/h}$. Moderní ukazatele rychloměru a otáčkoměru nejsou nabarveny UV reflexní barvou, proto při zkoumání není nutno používat UV světlo. U vozidel v provozu nemusí vyloženě dojít ke vrypu do matnice, ale může dojít k poškození prachové vrstvy uvnitř tachometru.

Tato problematika si jistě zaslouží podrobnější prozkoumání přesahující možnosti jediné diplomové práce. Pro nějaké statistické zhodnocení je nutné zpracovat velké množství nehod, což by si vyžádalo několikaletou mezinárodní spolupráci se znalci v oboru.

Je potřeba podrobně prozkoumat chování ukazatelů při šikmých a bočních střetech. Dále by byla vhodná databáze, která by pomohla jednoduše určit, zda se jedná o tachometr se šnekovou převodovkou, nebo s převodovkou s čelními koly. K věrohodnému prozkoumání otisku na matnici u reálných nehod je potřeba, aby se těleso tachometru dostalo bez dalšího sekundárního poškození k prozkoumání znalcem.

Literatura

- [1] Bradáč, A. a kol. Soudní inženýrství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997. ISBN 80-7204-057-X
- [2] BURG. Heinz, MOSER, Andreas*Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion*. Wiesbaden : Vieweg, 2007. ISBN:978-3-8348-0172-2.
- [3] *Dílenská učební pomůcka 24 - Škoda Octavia I- CAN-BUS*, ŠKODA Auto a.s.
- [4] *Dílenská učební pomůcka 26 - Škoda Octavia I*, ŠKODA Auto a.s.
- [5] *Dílenská učební pomůcka 32 - Škoda Fabia I*, ŠKODA Auto a.s.
- [6] *Dílenská učební pomůcka 33 - Škoda Fabia I*, ŠKODA Auto a.s.
- [7] *Dílenská učební pomůcka 37 - Převodovky Octavia I, Fabia I*, ŠKODA Auto a.s.
- [8] *Dílenská učební pomůcka 46 - Škoda Superb I*, ŠKODA Auto a.s.
- [9] *Dílenská učební pomůcka 47 - Škoda Superb I*, ŠKODA Auto a.s.
- [10] *Dílenská učební pomůcka 53 - Škoda Octavia II*, ŠKODA Auto a.s.
- [11] *Dílenská učební pomůcka 62 - Škoda Roomster 1*, ŠKODA Auto a.s.
- [12] *Dílenská učební pomůcka 62 - Škoda Roomster 2*, ŠKODA Auto a.s.
- [13] *Dílenská učební pomůcka 64 - Škoda Fabia II*, ŠKODA Auto a.s.
- [14] *Dílenská učební pomůcka 65 - Škoda Superb II*, ŠKODA Auto a.s.
- [15] *Dílenská učební pomůcka 66 - Škoda Superb II*, ŠKODA Auto a.s.
- [16] Interní materiály ŠKODA Auto a.s.
- [17] KIRK, Van, Donald J.*Vehicular accident investigation and reconstruction* CRC PRESS,2001. ISBN:0-8493-2020-8.
- [18] Kuranowski, Aleksander. Reliability of collision speed value read the vehicle speedometer. *XI Konferencja: Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych* 2009, s.193-201. ISSN- 1505-3520.
- [19] MICHALISKO, Jan. *Využití 3D skenování pro přípravu obrábění odlitků součástí parních turbín*. 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Martin Madaj.
- [20] RÁBEK, Vlastimil. *Analýza příčin vzniku a průběhu škodných událostí v oboru pojištění motorových vozidel: Sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací* Properus,2012. ISBN:978-80-904944-0-4.
- [21] RÁBEK, Vlastimil. *Interakce lidského těla s interiérem vozidla: Sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací* Properus,2012. ISBN:978-80-554-0034-1.

- [22] Reed, Tony. Use of the Bosch EDR Retrieval Tool - two cases from the UK. *21st Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis* 2012, s.105-112. ISBN 978-973-0-13537-4.
- [23] RIVERS, R.W. *Evidence in traffic crash investigation and reconstruction: Identification, Interpretation and Analysis of Evidence, and the Traffic Crash Investigation and Reconstruction Process* Carles C Thomas Publisher, LTD, 2006. ISBN:0-398-07644-8.
- [24] RIVERS, R.W. *Technical traffic crash investigator's handbook: A technical reference, training, investigation and reconstruction manual, Third edition* Carles C Thomas Publisher, LTD, 2006. ISBN:978-0-398-07908-6.
- [25] *Technická příručka - Regulace jízdní dynamiky ESP, Vydání 98/99*, BOSCH a.s.

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

- [26] EHK/OSN, Regulation No. 39. *Uniform Provisions Concerning The Approval of Vehicles with Regard to the Speedometer Equipment Including its Installation*, vydáno 7.2.2003. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r039r1e.pdf>.
- [27] ehk39cz
- [28] EHK/OSN, Regulation No. 30. *Uniform Provisions Concerning The Approval of Pneumatic Tyres for Motor Vehicles and Their Trailers*, vydáno 29.3.2007. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r030r3e.pdf>
- [29] EHK/OSN, Regulation No. 13. *Uniform Provisions Concerning The Approval of Vehicles of Categories M, N and O With Regard to Braking*, vydáno 14.1.2008. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf>
- [30] Felix, Leslie C.L. *Vehicle Speed Measurement* [online]. January 2003. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.angelfire.com/nm2/nmaa/misc/msa-speedo.html>.
- [31] Felix, Leslie C.L. *Vehicle Speed Measurement II* [online]. 2004. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.aussiemotorists.com/misc/msa-speedo.html>.
- [32] *Digitální ukazatele Chevrolet Brazier S-10, r.v. 1991* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://alibalex.alibalex.com/cars/images/dashboard.JPG>
- [33] *Základní deska digitálního ukazatele Chevrolet Impala, r.v. 1994* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: http://www.gmhighperformance.com/tech/miscellaneous/1003gmhpa_dakota_digital_instrument_cluster_install_on_a_1994_chevy_impala/photo_06.html
- [34] *Základní deska s krokovými motory Lexus Rx400h, r.v. 2008* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://forum.allaboutcircuits.com/showthread.php?t=31856>

LITERATURA

- [35] *Schéma krokového motoru* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.imagesco.com/articles/picstepper/02.html>
- [36] *Vehicle Speed Sensor* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://autorepair.about.com/library/faqs/bl611h.htm>
- [37] *BMW 850 CAN BUS* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://canbuskit.com/what.php>
- [38] *Nissan HUD 240SX* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.edmunds.com/nissan/240sx/>
- [39] *Corvette HUD* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://forums.corvetteforum.com/c5-general/1115246-do-you-have-hud-pics-for-the-new-guy.htm>
- [40] *extremetech.com* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.extremetech.com/extreme/124847-bmws-full-color-hud-distraction-minimizer-of-distractions-or-costly-tech-gadget>
- [41] *topdrive.cz* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.topdrive.cz/clanky/head-up-displej-ze-stihacek-do-aut/>
- [42] *autospeed.com* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://autospeed.com/cms/title.Speedometers/A.110961/article.html>
- [43] *forum-auto.com* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.forum-auto.com/marques/skoda/sujet1061.htm>
- [44] *new.skoda-auto.com* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://goo.gl/g4P82>
- [45] *landrover.com* [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: <http://www.landrover.com/us/en/lr/range-rover/photos-and-videos/>
- [46] sciencedirect.com *Simplified method for evaluating energy loss in vehicle collisions*. Accident Analysis & Prevention. Volume 41, Issue 3, Pages 633-641, May 2009. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457509000463#>
- [47] sciencedirect.com *Energy loss in vehicle to vehicle oblique impact*. International Journal of Impact Engineering, Volume 36, Issue 3, Pages 512-521, March 2009. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734743X08002285>
- [48] sbes.vt.edu *Accuracy Of Vehicle Frontal Stiffness Estimates For Crash Reconstruction*. [online]. Dostupné z: <http://www.sbes.vt.edu/gabler/publications/esv-07-0513-O.pdf>
- [49] ncjrs.gov *Speedometer Examination: An Aid in Accident Investigation* FBI Law Enforcement Bulletin, Volume 49, Number 3, March 1980. Dostupné z: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/Digitization/65920NCJRS.pdf>
- [50] *tarorigin.com* [online]. [cit. 20.5.2013]. Dostupné z: <http://www.tarorigin.com/ARnews/ARnews11-97/0328.html>

- [51] highbeam.com *Crash froze speedometer at 121 m.p.h.* Chicago Sun-Times, 1997, September 2. [online]. [cit. 20.5.2013]. Dostupné z: <http://www.highbeam.com/doc/1P2-4408173.html>
- [52] *en.wikipedia.org* [online]. [cit. 14.3.2013]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Death_of_Diana,_Princess_of_Wales
- [53] *campusplastics.com* [online]. [cit. 10.4.2013]. Dostupné z: <http://www.campusplastics.com>
- [54] *campusplastics.com* [online]. [cit. 10.4.2013]. Dostupné z: <http://www.campusplastics.com/campus/en/datasheet/EDISTIR%C2%AE+N+1840/Polimeri/65/c2c39687?pos=5>
- [55] *Graf samosvornosti šnekové převodovky* [online]. [cit. 10.3.2013]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/gear4/help/cz/gear4txt.htm>
- [56] *Kalkulátor převodových poměrů* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: http://ctny.audiworld.com/mark/s4/gears/gear_calc.html
- [57] *Technické data Škoda Roomster HTP* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/automobil/skoda/roomster/12-12v-http/roomster/>
- [58] *Technické data Škoda Fabia I* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: http://skodaps.wz.cz/fabia_technicke.1.php
- [59] *Převodové poměry Škoda Roomster HTP* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <http://skoda.workshop-manuals.com/roomster/index.php?id=330>
- [60] *skoda.panda.cz* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=115>
- [61] *w140.estranky.cz* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <http://www.w140.estranky.cz/clanky/o-vozu-w140.html>
- [62] *euroncap.com/* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/>
- [63] Vlastní zdroje autora

10. Seznam použitých symbolů

Použité symboly

a	$[m/s^2]$ zrychlení / zpomalení
μ	součinitel adheze
d_m	$[m/s^2]$ střední plné brzdné zpomalení
v_b, v_e, v_o	$[km/h]$ rychlost
s_e, s_b	$[m]$ dráha
v_1	$[km/h]$ zobrazovaná rychlost
v_2	$[km/h]$ reálná rychlost
H	$[mm]$ výška profilu pneumatiky
$S1$	$[mm]$ šířka pneumatiky
Ra	$[\%]$ výška profilu
D_{min}	$[mm]$ minimální průměr pneumatiky
D_{max}	$[mm]$ maximální průměr pneumatiky
R_d	$[mm]$ dynamický poloměr pneumatiky
n_m	$[ot/min]$ otáčky motoru
o_d	$[m]$ dynamický obvod kola
i_p	převodový poměr zařazené rychlosti
i_s	převodový poměr koncového převodu
L	$[g]$ hmotnost závaží
A	$[mm]$ rameno působení závaží
G	$[g]$ hmostnost ručičky
B	$[mm]$ rameno těžiště ručičky
X	$[g]$ zrychlení

11. Seznam příloh

Příloha 1 Cvičný znalecký posudek o nehodě (včetně příloh)

Příloha 2 Report z programu Virtual CRASH 2.2