

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Rostislav Güttler

**Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera**

Rozbor metod diagnostiky tlumičů pérování

Rostislav Güttler

Bakalářská práce

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Rostislav GÜTTLER**
Osobní číslo: **D09473**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**
Název tématu: **Rozbor metod diagnostiky tlumičů pérování**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Charakteristika teleskopických tlumičů pérování
3. Diagnostické zkušebny a diagnostické metody
4. Popis diagnostických měření
5. Vyhodnocení naměřených hodnot
6. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Vlk.F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno 2001, ISBN 80-238-6573-0

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Jilek, DiS.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2011**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vykonal samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25.03.2011

Rostislav Güttler

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu své práce, Ing. Petru Jilkovi, DiS., za cenné rady a trpělivé vedení bakalářské práce. Velké díky a uznání patří také všem ostatním, kteří mi při vzniku této práce pomáhali. V neposlední řadě děkuji své rodině a širokému okolí svých přátel za bezednou podporu při studiu.

ANOTACE

Práce je věnována konstrukci tlumičů pérování a jejich charakteristice. Dále je v této práci rozebrána problematika zkoušení tlumičů demontovaných z vozidlové zástavby na zkušebních stavech a v návaznosti na to rozbor problematiky diagnostiky tlumičů na zařízeních a zkušebnách, které demontáž tlumiče z vozidlové zástavby nevyžadují.

KLÍČOVÁ SLOVA

tlumiče pérování, tlumící charakteristiky, diagnostické metody, diagnostické zkušebny

TITLE

Analysis of shock absorbers diagnostics methods

ANOTATION

The paper deals with the construction and characteristics of shock absorbers. Next part of the work analyzes the problems of testing shock absorbers disassembled from the vehicle at the testing bench and in relation to the analysis of shock absorber diagnostics at devices and testing labs that do not require the shock absorbers disassembly from a vehicle.

KEYWORDS

shock absorbers, damping characteristics, diagnostic methods, diagnostic testing

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. CHARAKTERISTIKA TLUMIČŮ PÉROVÁNÍ.....	10
2.1 Tlumicí charakteristika tlumičů pérování.....	10
2.2 V současnosti používané teleskopické tlumiče.....	11
2.2.1 Dvouplášťový teleskopický tlumič	11
2.2.2 Jednoplášťový teleskopický tlumič.....	12
2.2.3 Polohově citlivé tlumiče (PSD).....	14
2.2.4 Tlumiče s elektronicky řízeným tlumením (CDC).....	15
2.2.5 Magnetoreologické tlumiče.....	16
2.3 Tlumiče nekonvenčních konstrukcí.....	18
2.3.1 Pneumatické pružící jednotky.....	18
2.3.1 Hydropneumatické pružící jednotky.....	18
3. DIAGNOSTICKÉ METODY A DIAGNOSTICKÉ ZKUŠEBNY.....	19
3.1 Dělení bezdemontážní diagnostiky tlumičů.....	20
3.1.1 Impulsní dokmitový tester.....	21
3.1.2 Rezonanční amplitudový tester.....	23
3.1.3 Rezonanční adhezni tester.....	25
3.2 Test tlumičů demontovaných z vozidlové zástavby.....	27
4. POPIS DIAGNOSTICKÝCH MĚŘENÍ.....	28
4.1 Měření na zkušebním stavu Gillop 1.4.....	29
4.1.1 Zkušební stav a postup při měření.....	29
4.1.2 Výsledky měření.....	31
4.2 Měření na testeru BOSCH SDL 210 (EUSAMA).....	34
4.2.1 Postup při měření.....	35
4.2.2 Výsledky měření.....	36
4.3 Měření na testeru SACHS EFD 200.....	38
4.3.1 Postup při měření.....	38
4.3.2 Výsledky měření.....	39
4.4 Měření na testeru M-Tronic SDT 2000/U.....	41
4.4.1 Postup při měření.....	41
4.4.2 Výsledky měření.....	42

5. VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	44
6. ZÁVĚR.....	46
LITERATURA A ZDROJE.....	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

1. ÚVOD

V dnešní době je kladen obrovský důraz na bezpečnost silničního provozu, jakožto i na bezpečnost osádky vozidla. Stávající prvky aktivní a pasivní bezpečnosti automobilů jsou zdokonalovány nebo dokonce rozšiřovány. Jenže každý díl a každá součástka, ze kterých se automobil skládá, má svou životnost. Úkolem technické diagnostiky je v takovém případě problém rozpoznat a na vadný díl poukázat. V některých případech, jakým je i kontrola a případná výměna tlumičů, záleží ale stále jen na vůli a smýšlení každého z nás, zda se bezpečnostní standarty svého automobilu pokusí udržet.

Podle mnou získaných informací je ale možné, že legislativa upravující schvalování technické způsobilosti motorových vozidel, může být v brzké době rozšířena o povinné přezkoušení účinku tlumení u vozidel podstupujících pravidelnou technickou prohlídku. V několika málo zemích Evropské unie, např. v Belgii či Francii, je povinné testování účinku tlumičů pérování při pravidelné technické prohlídce již delší dobu zavedeno. V jiných zemích EU, včetně České republiky, probíhají o zavedení povinného testování účinku tlumičů diskuze. O tom, zda tlumiče na diagnostických zkušebnách, jež jsou hojně rozšířeny v servisních sítích zkoušet či nikoliv, jaké jsou případné výsledky provedených testů, co vše má na výsledek testu vliv a o čem výsledek testu vlastně vypovídá – o tom již bylo napsáno poměrně dost odborných prací, které se na některé z těchto otázek pokoušely odpovědět. Závěry všech těchto prací se však vesměs shodují v jednom – test tlumičů se v každém případě vyplatí podstoupit. Neoddiskutovatelným faktem totiž zůstává, že vadný nebo neúčinný tlumič pérování jednoznačně snižuje kontakt kola s vozovkou, prodlužuje brzdou dráhu vozidla a vůbec celkově negativně ovlivňuje jeho jízdní vlastnosti, které bezprostředně ovlivňují bezpečnost na našich silnicích, která se bezprostředně dotýká nás všech.

Ve svém začátku je práce věnována tlumičům pérování a jejich konstrukci. Následně se budu snažit rozebrat a zhodnotit diagnostické metody a některá vybraná diagnostická zařízení. V závěru práce se pak pokusím ustanovit některou z diagnostických metod nebo zkušeben, jako nejlepší, a to na podkladě provedených měření.

2. CHARAKTERISTIKA TLUMIČŮ PÉROVÁNÍ

Tlumič pérování je významným komponentem podvozku automobilu. Úloha vozidlových tlumičů pérování v pružící soustavě motorového vozidla, je zajistit vysokou bezpečnost jízdy a přitom zvýšit jízdní pohodlí osádky vozidla. Komfort během jízdy je zajištěn vhodným utlumením nepříjemného kmitání odpružených hmot automobilu – karoserie. Funkcí tlumiče pérování je tedy zejména utlumit nárazy vzniklé při přejezdech vozidla přes nerovnosti na komunikacích a tyto rázy nepřenášet na karosérii. Kmitáním neodpružených hmot, které tlumič pérování musí udržet v co nejmenší míře, je přímo ovlivněna bezpečnost jízdy – přes stykovou plochu kola s vozovkou je zajištěn přenos hnacích, brzdných a při zatáčení bočních sil. Proto je tak důležité z hlediska bezpečnosti jízdy, zajistit pokud možno nepřetržitý styk kola s vozovkou. Nedostatečně utlumené kmitání dále způsobuje neúměrně rychlé opotřebování jednotlivých součástí zavěšení kola a pneumatiky. [3, 4]

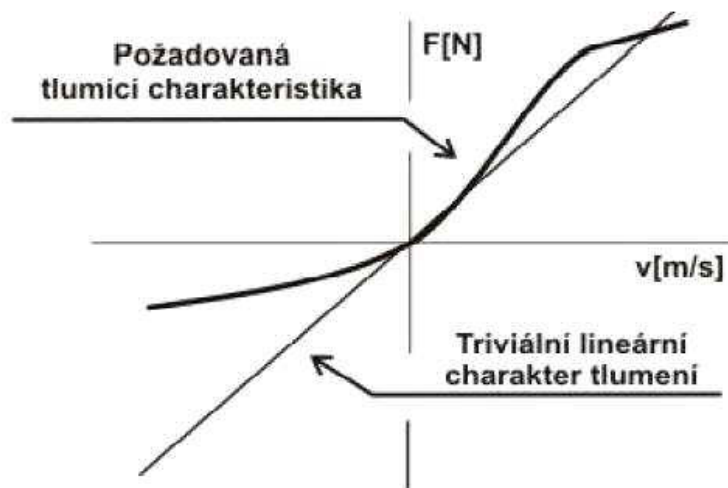
Z hlediska výše uvedených požadavků, které jsou na tlumič pérování kladeny, stal se tlumič pérování bezpochyby dominantním prvkem závěsu kola, jehož bezvadný technický stav přímo ovlivňuje bezpečnost silničního provozu.

Pohybová energie závěsu kola je v tlumiči transformována pomocí smykového nebo viskózního tření na energii tepelnou. V závěsech kol dopravních prostředků se jako nejvhodnější ukázal teleskopický tlumič pérování využívající viskózního tření – hydraulický tlumič pérování. Pohybová energie je zde přeměňována v tepelnou především hydraulickým odporem vzniklým průchodem kapaliny tlumiče přes vhodně dimenzované průtokové ventily. [3, 4]

2.1 Tlumicí charakteristika tlumičů pérování

Tlumiče odpružení nepracují s lineárním charakterem tlumicí síly v závislosti na rychlosti zdvihu kola. Jedním z důvodů je požadavek na rozdílnou intenzitu tlumení při zdvihu a poklesu kola. Tlumič pérování nesmí bránit propérování při prvním přejezdu nerovnosti nebo nájezdu na překážku. Naopak musí dostatečně utlumit rychlost při roztahování závěsu kola. Dalším problémem je vznik velkých tlumících sil namáhajících nadměrně uchycení závěsu kola při rázovém zatížení. Kompromisem mezi nejlepšími jízdními vlastnostmi a požadavkem na dostatečnou životnost komponentů závěsu kola je používání tlumičů s tzv. degresivní

charakteristikou. Jednoduchou realizací v hydraulickém systému tlumiče je řešení s „lomenou“ charakteristikou (**Obr. 1**). [3, 4]



Obrázek 1 – Charakteristika tlumení zobrazené v F - v diagramu [3]

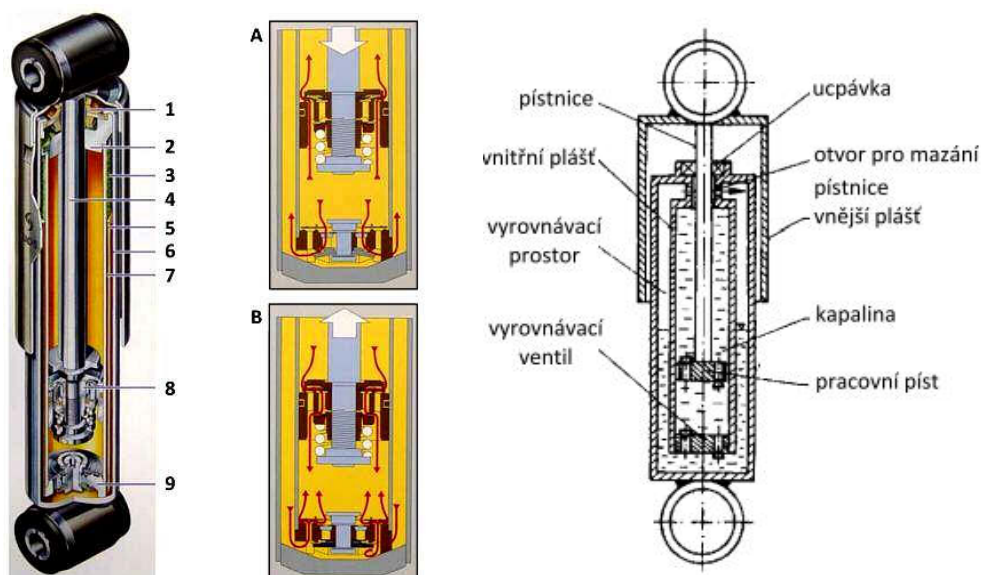
2.2 V současnosti používané teleskopické tlumiče

2.2.1 Dvouplášťový teleskopický tlumič

Jednou z nejčastějších konstrukčních variant hydraulických tlumičů odpružení je dvouplášťový teleskopický dvojčinný tlumič pérování (**Obr. 2 a), b**). Jeho funkci zajišťuje píst spojený s pístní tyčí, který protlačuje kapalinu přes otvory průtokových ventilů. Tlumicí sílu (která je závislá na rychlosti pístů) tedy v podstatě tvoří hydraulický odpor vzniklý při škrcení průtoku. Mezi vnějším pláštěm a pracovním válcem tlumiče je vyrovnávací prostor, který je od prostoru pracovního oddělen vyrovnávacím ventilem. Do vyrovnávacího prostoru, který je obvykle do půlky naplněn kapalinou, je vytlačován olej o objemu, který v pracovním válci zaujímá zasunutá pístnice. Vyrovnávací prostor také kompenzuje objemové rozdíly vzniklé ohřevem kapaliny. [1, 4, 8]

Velkým problémem dvouplášťového tlumiče je vzduchový polštář, který se vytváří v pracovním prostoru. Vzduchový polštář uvnitř pracovního prostoru způsobuje kolísání tlumicí síly. Kolísání tlumicí síly je velmi nepříznivé a z tohoto důvodu může být

dvouplášťový tlumič použit jen ve svislé poloze nebo při sklonu do 45°. Kdyby byl sklon tlumiče větší než zmíněných 45° dostal by se do pracovního prostoru vzduch, který je v prostoru vyrovnávacím. Také následkem ochlazování tlumiče při delším přerušení jízdy se u méně dokonalých dvouplášťových tlumičů vytvoří nad pístem vzduchový polštář z důvodu tepelné roztažnosti kapaliny. [1, 4, 8]



a)

b)

Obrázek 2 – a) dvouplášťový dvojčinný teleskopický tlumič pérování

b) funkční sch. dvouplášťového teleskopického tlumiče

1 – těsnění pístnice, 2 – vedení pístnice, 3 – plyn, 4 – pístnice, 5 – vyrovnávací prostor, 6 – vnitřní plášť, 7 – pracovní válec, 8 – vícestupňový ventilový systém, 9 – vyrovnávací ventil

A - stlačování pístnice, B – roztahování pístnice [8]

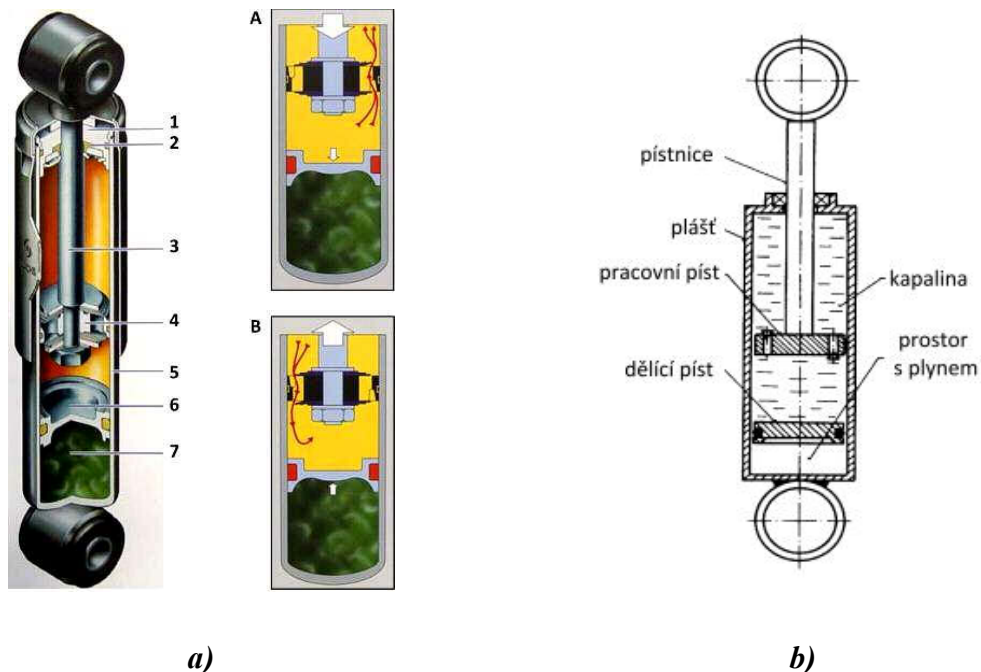
2.2.2 Jednoplášťový teleskopický tlumič

Druhou nejčastější variantou automobilového tlumiče odpružení je jednoplášťový dvojčinný teleskopický tlumič (**Obr. 3 a), b**). Je tvořen, podobně jako u dvouplášťového tlumiče, pístem se dvěma druhy škrťících ventilů. Vyrovnávání rozdílu objemů pracovního prostoru pod pístem je ovšem řešeno změnou objemu stlačeného vzduchu přímo v pracovním prostoru válce tlumiče. Plyn od kapaliny v pracovním prostoru válce je oddělen plovoucím pístem.

Jednoplášťový tlumič má v porovnání s dvouplášťovým tlumičem některé výhody:

- Vzhledem k jednoplášťové konstrukci lepší chlazení pracovního prostoru
- Necitlivost na změnu objemu kapaliny při dlouhých klidových prostojích
- Větší průměr pracovního pístu při stejném vnějším průměru tlumiče. Z toho plynou nižší pracovní (dynamické) tlaky v kapalině vznikající při pohybu pístu.

Vnitřní přetlak v kapalině zabraňuje jejímu pění, proto má tlumič lepší funkci při kmitavém pohybu s vyššími frekvencemi o menších amplitudách. [1, 4, 8]



Obrázek 3 – a) jednoplášťový dvojčinný teleskopický tlumič pérování

b) funkční schéma jednoplášťového teleskopického tlumiče

1 – vedení pístnice, 2 – těsnění pístnice, 3 – pístnice, 4 – vícestupňový

ventilový systém, 5 – pracovní válec, 6 – dělicí (plovoucí) píst,

7 – plynová náplň

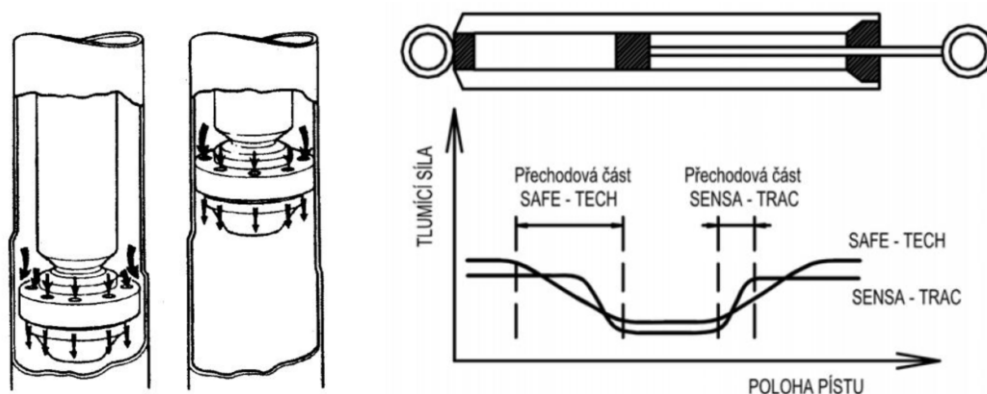
A – stlačování pístnice, B – roztahování pístnice [8]

Z podobné konstrukce jako jednoplášťový teleskopický tlumič vychází i tzv. vysokotlaký plynokapalinový tlumič, v němž je vzduch nahrazen např. náplní dusíku, která je stlačena na tlak až 2,5 MPa. Hlavním důvodem je především již zmíněná pěnivost olejové náplně tlumiče. Ze stejného důvodu je pak používána i varianta konstrukčně vycházející z dvouplášťového tlumiče, tzv. nízkotlaký plynokapalinový tlumič. Vyrovňovací prostor nad hladinou tlumičového oleje ve vnějším plášti u nízkotlakého plynokapalinového tlumiče je jednorázově

naplněn dusíkem o tlaku 0,25 – 0,5 MPa. Od olejové náplně je oddělen speciálně konstruovaným těsnícím kroužkem. [3]

2.2.3 Polohově citlivé tlumiče (PSD)

V podstatě jednoduchou konstrukční úpravou pracovního válce jednoplášťového dvojčinného tlumiče byla firmou Monroe vytvořena koncepce tlumení závislého na poloze pístu (Position Sensitive Damping – PSD). Malá tlumicí síla je potřebná pouze při klidné jízdě s malou zátěží. Při větším zatížení vozu je pak potřeba zvýšit odpor pružení, aby kola neztratila přitlačnou sílu k vozovce. Firma Monroe vyvinula na základě výše uvedených faktů a prezentované koncepce tlumič pérování s názvem SENSEA-TRAC. Ve střední poloze má pracovní válec tohoto tlumiče pérování boční rozšíření. Nachází-li se píst s průtočnými ventily právě v této poloze, může olejová náplň tlumiče obtékat i tímto rozšířením. Tlumič je v tomto pracovním stavu mimořádně měkký. Zvýší-li se zatížení vozidla – zatížení tlumiče, přesune se píst s průtočnými ventily buď částečně nebo zcela mimo obtokovou drážku. Následkem toho je zvýšení tlumicí síly, kdy olejová náplň tlumiče prochází obtokovou drážkou jen omezeně, nebo obtokovou drážkou neprochází vůbec (maximální tlumicí síla). Inovací koncepce SENSEA-TRAC vznikla výrobní řada SENSEA-TRAC Safe tech, jež má přepracovanou obtokovou drážku s velice pozvolnými přechody. Tvar obtokové drážky byl též přizpůsoben každému typu vozu (**Obr. 4**). [4, 8]

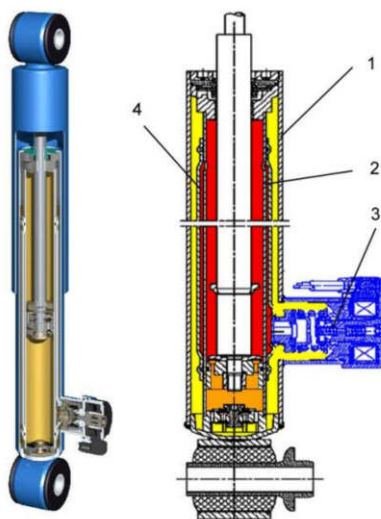


Obrázek 4 – Polohově závislé tlumení PSD systému Sensa-Trac a Sensa-Trac Safe Tech [1]

Alternativou polohově citlivého tlumiče pro velkokapacitní automobily je systém DCD (Displaced Consious Damping). I vzhledem k maximálnímu využití prostoru u velkokapacitních automobilů jsou tlumiče uloženy v šikmé poloze. Umístěním tlumiče do šikmé polohy dojde ke zkrácení pracovní dráhy pohybu pístnice. Systém DSD je v podstatě tvořen klasicky pracujícím kapalinovým tlumičem, jehož válec má ovšem dva průměry. Střední část válce je zvětšeného průměru, na obou koncích válce tlumiče je pak průměr menší. I zde se jedná o princip tlumení závislého na poloze pístu. [3]

2.2.4. Tlumiče s elektronicky řízeným tlumením (CDC)

Tlumiče s elektronicky řízeným tlumením jsou ve vozidle zakomponovány jako buď zcela autonomní systémy, nebo častěji jako součást komplexního řízení podvozku. Plynulá regulace tlumení (CDC – Continous Damping Control) je tedy v přímém propojení se stabilizačním systémem ESP a proti-blokovacím systémem ABS.



Obrázek 5 – CDC Tlumič s elektronicky řízeným tlumením:
*1 – vnější plášť, 2 – vnitřní plášť, 3 – regulovatelný ventil,
 4 – přepouštěcí meziprostor [3]*

Elektronická řídicí jednotka CDC přizpůsobuje hodnoty tlumení jednotlivých tlumičů právě navozené jízdní situaci a povrchu vozovky. Jedna z možných konstrukčních variant elektronicky řízeného tlumiče je na **Obr. 5**. Tento tlumič vychází z konstrukce dvouplášťového teleskopického tlumiče, na jehož vnějším plášti je umístěn plynule regulovatelný propouštěcí ventil. Tlumení je regulováno propouštěním oleje z vyrovnávacího

prostoru do mezipláště, který je přímo v horní části propojen s prostorem nad pístem. Ventilový systém v pístu i propouštěcí ventil ve spodní části tlumiče jsou konstruovány, oproti klasickému tlumiči, jako jednostranné – tzn. že při roztahování tlumiče jsou zcela zavřeny a jejich funkci přebírá regulovatelný přepouštěcí ventil. [3]

Řídící jednotka systému CDC reguluje průtok média na základě analýzy informací získaných ze třech základních vysokorychlostních elektronických okruhů (rychlost přenosu dat sběrnici CANBUS je asi 500 kbit/s). První okruh tvoří tři senzory upevněné v jedné rovině na karoserii, podle kterých se řídící jednotka orientuje. Druhý okruh tvoří dva senzory snímající podélné a příčné zrychlení kola. Třetí okruh pak tvoří souhrn signálů ze snímače celkové rychlosti vozu, snímače polohy plynového pedálu, snímače bočního zrychlení, apod.. Řídící jednotka analyzuje veškeré signály z těchto tří okruhů a na základě vyhodnocení získaných dat pak mění tlumící sílu jednotlivě pro každé kolo vozidla. [7]

Firma ZF Sachs, která je hlavním výrobcem, vyvinula nejprve tento aktivní tlumič s proporčním ventilem zabudovaným do pístu tlumiče. Tato verze je konkrétně nazvána CDCi (internal valve). Tlumič této konstrukce měl ale větší rozměry. To vedlo k nutnému vývoji a inovaci, kdy se proporční elektromagnetický ventil přesunul mimo tělo tlumiče se samostatným okruhem. Tato verze je pak nazvána CDCe (external valve), znázorněná i na **Obr. 5**. Tyto tlumiče se tak díky svému jednoduchému, energicky nenáročnému (ovládací proud ventilu se pohybuje v rozmezí 0 – 1,8 A), spolehlivému a hlavně kompaktnímu prostorovému řešení, uplatňují zejména v motosportu. [7]

2.2.5 Magnetoreologické tlumiče

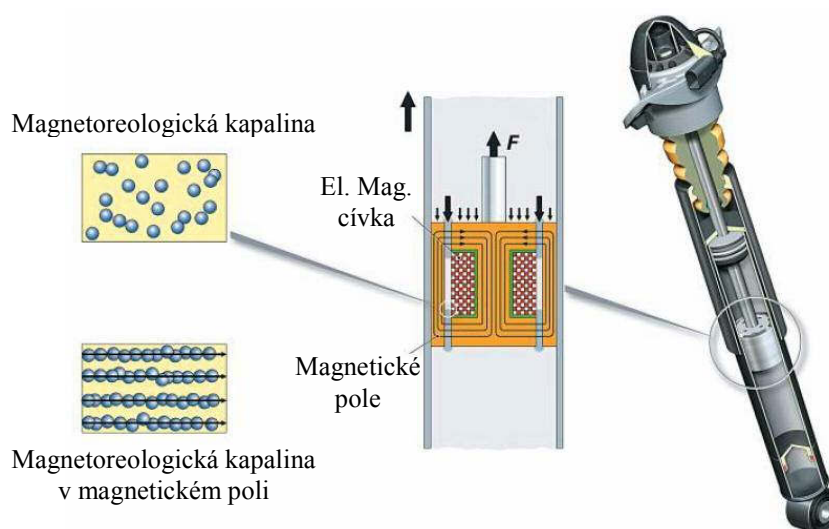
Než se začneme zabývat samotným magnetoreologickým tlumičem, měli bychom si nejprve osvětlit některé základní pojmy.

Reologie je vědní disciplína zabývající se tokem a deformací materiálu. Reologické kapaliny mají řízenou charakteristiku proudění pomocí změn elektrického proudu nebo magnetického pole. Podle použití nosného média, velikosti a směru elektrického proudu nebo magnetického pole se může měnit jejich viskozita. Ono nosné médium pak může svou viskozitu měnit plynule - od viskozity kapaliny až k téměř tuhému tělesu. Odezva média je okamžitá a plně ovladatelná. Bavíme-li se v tomto případě o nosném médiu, je jím např. olej, silikon, voda nebo glykol v nichž jsou roztroušeny drobné částičky (typicky drobné měkké železné kuličky rozměru 3 - 5 μm , zastoupené v kapalině 20 – 40 % objemu), které se dají

zpolarizovat. Částičky obsažené v nosném médiu fungují i jako brusivo – z tohoto důvodu plyne mnohem větší náročnost na materiály použité v tlumičích pracujících na tomto principu. [2, 8]

Tento systém tlumení vyvinula firma Delphi pod obchodním názvem MagneRide. Technologie byla nejprve roku 2002 použita u vozidel zn. Cadillac modelu Sevilla z koncernu General Motors. Automobilka AUDI jej v roce 2006 použila ve svém modelu AUDI TT. Jedná se o technologii semiaktivních magnetických tlumičů. Je to spolehlivý, energicky, hmotnostně a prostorově nenáročný systém. Pracovní oblast semiaktivních magneticky ovládaných tlumičů není omezena několika charakteristikami, ale má jich teoreticky nekonečně mnoho - každý bod charakteristiky tlumiče tohoto typu může být plynule regulován. Přestavení charakteristiky je pak možné v řádech milisekund podle aktuální potřeby. [2]

Magnetoreologický tlumič je ve své podstatě jednoplášťový teleskopický tlumič pérování. Píst, který se pohybuje uvnitř tlumiče má v sobě průtokové otvory – kanály a navíc je ve svém jádře opatřen cívkou, která indukuje magnetické pole. Elektrický proud je do cívky dodáván skrz pístní tyč. Vlivem cívkou vyvolaného magnetického pole se pak drobné částičky obsažené v médiu tlumiče polarizují. Polarizační schopností částičky se rozumí vlastnost částičky být nuceně zarovnána specifickým způsobem, čili tak, aby při průtoku kanály pístnice kladly větší nebo menší odpor – přímá závislost na velikosti indukovaného magnetického pole. [2, 8]



Obrázek 6 – Magnetoreologický tlumič pérování [6]

2.3 Tlumiče nekonvenčních konstrukcí

Zvláštní kategorii mezi prvky závěsu kola zastávají pneumatické a hydropneumatické pružící jednotky (**Obr. 7**), které v daném závěsu zastávají funkci jak pružin, tak i tlumičů.

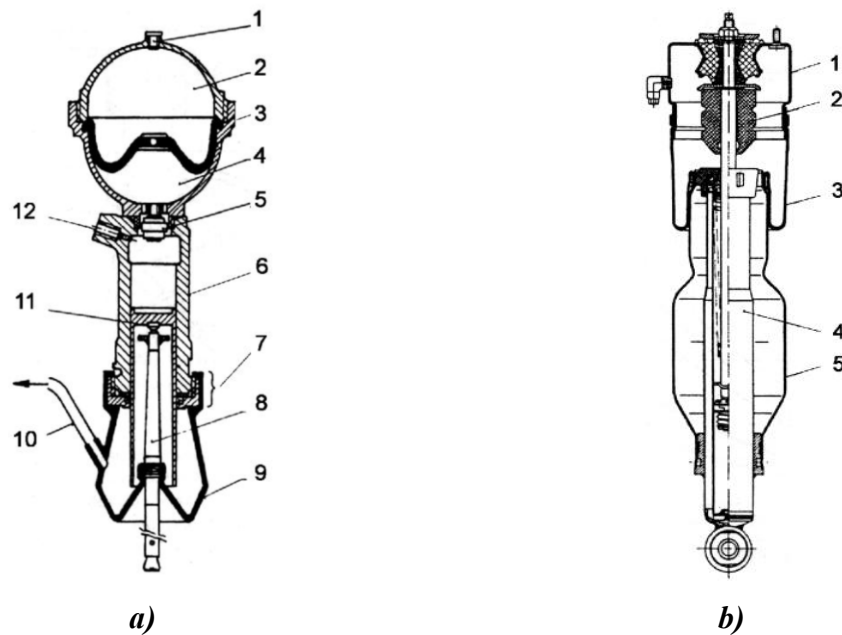
2.3.1 Pneumatické pružící jednotky

Pneumatické pružící jednotky (**Obr. 7b**) jsou často řešeny jako kombinace plynokapalinových tlumičů a vzduchových pružin. Jednotky jsou obvykle automaticky regulovány, bez možnosti zásahu řidiče za všech provozních podmínek. Regulace zajišťuje korekci výšky vozidla na základě snímání náklonu vozu v podélné a příčné rovině. Aby se zamezilo poklesu přední části vozidla při brzdění, nahustí se vzduchové komory předních tlumících jednotek. Elektronické prvky současně zajistí pokles tlaku vzduchu ve vzduchových komorách jednotek umístěných na zadní nápravě. Při průjezdu zatáčkou se jízdní stabilita vozidla zajišťuje obdobným způsobem, avšak regulace tlaku vzduchu v jednotlivých tlumících jednotkách probíhá v příčném směru, tedy na levé či pravé straně vozidla. [3]

2.3.2 Hydropneumatické pružící jednotky

Hydropneumatická pružící jednotka (**Obr. 7a**) pracuje na rozdíl od pneumatické pružící jednotky s konstantní hmotností pružícího plynu. Jako plynová náplň je obvykle použit dusík. Typickým představitelem této kategorie jsou pružící jednotky, jimiž jsou osazeny nápravy osobních vozů Citroën. Základní částí této pružící jednotky je válec, ve kterém se pohybuje píst spojený pákovým převodem s ramenem zavěšeného kola. S horní částí válce je spojena tlaková nádoba kulového tvaru, kterou rozděluje pryžová membrána na dvě části. V horní polokouli je stlačený pružící plyn, prostor mezi membránou a pístem je vyplněn kapalinou. Mezi válcem a spodní polokoulí tlakové nádoby jsou umístěny redukční ventily, které zajišťují škrcení kapaliny při pohybu pístu – tím je pak zajištěn tlumící účinek. Rozdílné zatížení vozidla je kompenzováno přívodem kapaliny ze zásobníku do pracovního prostoru válce, čímž je tedy zajištěna regulace světlé výšky vozidla. Nová koncepce těchto pružících

jednotek dovoluje spolu se světlou výškou také úpravu tvrdosti a tuhosti samotného pružení přímo během jízdy dle charakteru povrchu vozovky. [3]



Obrázek 7 a) – *Hydropneumatická pružicí jednotka: 1 – plnicí otvor, 2 – náplň plynu (dusík), 3 – membrána, 4 – kapalina, 5 – tlumič, 6 – válec, 7 – těsnicí systém, 8 – pístnice, 9 – těsnící vak, 10 – odvod uniklé kapaliny, 11 – píst, 12 – přívod tlakové kapaliny*

Obrázek 7 b) – *Pneumatická pružicí jednotka: 1 – vzduchová nádrž s opěrným ložiskem, 2 – přídavná pružina, 3 – krycí manžeta, 4 – tlumič, 5 – pružný píst s dodatečným objemem*

3. DIAGNOSTICKÉ ZKUŠEBNY A DIAGNOSTICKÉ METODY

Na nevyhovující stav tlumiče pérování často poukazují již vjemové ukazatele. Vizuální prohlídkou tlumiče lze kupříkladu odhalit jeho netěsnost, únik olejové náplně tlumiče. Pro správnou funkci tlumiče je taková závada samozřejmě nepřijatelná. Poslechem tlumiče pérování při propérování karosérie automobilu a zachycení nestandardních zvukových projevů může pak rovněž poukazovat na nevyhovující technický stav tlumiče pérování. Tato metodika je však nepřijatelná a nepoužitelná, jako metodika určující správnou funkci tlumiče. Technický stav tlumiče lze určit jedině u tlumiče demontovaného z vozidla. K testu tlumiče demontovaného z vozidla slouží testovací stolice, kde cyklický přímočarý pohyb pístnice tlumiče je realizován buď mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. Z hlediska obrovské

různorodosti, co se konstrukčního provedení tlumičů týče, z hlediska časové i pracovní náročnosti nutné k demontáži každého tlumiče z vozidla, je pak pro servisní sítě i samotné zákazníky zase nepřijatelné provádět zkoušení jednotlivě demontovaných tlumičů pérování na zkušebních stavech. Zejména z tohoto důvodu jsou v servisní praxi rozšířeny metody bezdemontážní diagnostiky tlumičů pérování. Při těchto metodách není potřeba tlumič složitě demontovat z vozidla, tlumič zůstává na vozidle umístěn na svém místě a zkouškou jeho chování z dokmitového nebo rezonančního pohybu karosérie, či samotného závěsu kola, je pak posuzován jeho technický stav.

3.1 Dělení bezdemontážní diagnostiky tlumičů

Zařízení v oblasti diagnostické techniky určené ke zkouškám nedemontovaných tlumičů lze rozdělit dle několika hledisek a do několika kategorií. Na základě vytvoření budícího impulsu pro vlastní hodnocení závěsu kola můžeme testery rozdělit na:

Aktivní testery – pracují na základě rozkmitání kola periodicky vybuzeným kmitáním měřící plošiny. Následné rozdělení těchto aktivních testerů se specifikuje dle použité metodiky měření jež vyhodnocuje útlum, popř. dle výrobce zařízení.

Pasivní testery – na rozdíl od aktivních testerů je zde vytvořen pouze jeden impuls a tj. zhoupnutí karosérie. Rovněž pasivní testery se dále liší podle použité metodiky jež vyhodnocuje útlum nebo se zařízení částečně liší i dle výrobce. [9]

Dalším možným způsobem dělení používaných testerů pro bezdemontážní diagnostiku je rozdělení podle způsobu rozkmitání sledované hmoty vozidla. Zde je rovněž důležitým faktorem, jaká veličina je zvolena pro snímání kmitů. Testery dělíme tedy takto:

Rezonanční adhezní testery, rezonanční amplitudové testery a impulsní dokmitové testery.

Poslední možností dělení této diagnostické techniky je dělení dle způsobu hodnocení dosažených výsledků. V podstatě u všech výše zmíněných testerů lze hovořit o dvou základních větvích, dle kterých lze výslednou diagnostiku hodnotit. Jedná se o hodnocení srovnávací databáze a hodnocení bezpečnostní. Toto dělení je neméně důležitým faktorem základního dělení. [3, 8]

3.1.1 Impulsní dokmitový tester

Obrovskou devízou zařízení právě tohoto typu je jejich jednoduchost, mobilnost, dále pak prostorová a finanční nenáročnost. Jak již bylo zmíněno úvodem kapitoly 3.1 pracují tyto testery na principu dokmitu rozhoupané karosérie vozidla. Principem těchto zařízení je rázové vybudení svislého kmitání karosérie, kdy se pak následně pomocí měřicí techniky vyhodnocují získané informace z hlediska poměrného útlumu. Právě zpracováním informací, respektive výsledného signálu popisujícího pohyb karoserie vozidla, lze získat poměrně přesné informace o technickém stavu tlumičů. Velmi zajímavou oblastí této kategorie testování tlumičů jsou zařízení, kterým stačí ruční vybudení svislého kmitání karosérie u snímaného vozidla – tzv. manuální dokmitové testery tlumení zavěšení kol. [5, 8]

V dnešních servisních sítích existují momentálně dva hlavní měřicí systémy. Jedním z nich je německý přístroj M-TRONIC SDT 2000/U, druhým pak české zařízení TRI STAR SHOCK TESTER. Oba uvedené systémy pracují ve své podstatě na stejném principu, jehož podstatou je manuální vybudení svislého kmitavého pohybu u měřeného kola, resp. měřeného tlumiče – to pomocí jediného prudkého stlačení karosérie v tom daném místě a následné vyhodnocení pohybu „rozhoupané“ karosérie. Co oba přístroje od sebe navzájem odlišuje je způsob přichycení tělesa snímače ke karosérii vozidla a dále způsob snímání pohybu karosérie. [5]



Obrázek 8 – Impulsní dokmitový tester TRI STAR SHOCK TESTER [3]

U přístroje českého výrobce je pohyb karoserie snímán mechanicky. TRI STAR SHOCK TESTER (Obr. 8) měří pohyb karoserie odporovým snímačem polohy umístěným na

samostatném stojánku, jehož raménko se opře o podběh měřeného kola. Jak bylo uvedeno, svislé kmitání vozidla se následně vyvolá ručně. Signál ze snímače se přivádí na vstup standardního počítače PC, který jej přepočte na relativní přítlak kola v souladu se směrnici EUSAMA. Výsledkem zkoušky je tedy nejmenší hodnota relativního přítlaku v průběhu testu v jednotkách %. Navíc zmíněný systém zaznamenává vlastní frekvenci systému v Hz, velikost zkušební rychlosti výkmitu v m/s a měrný útlum závěsu kola vlevo/vpravo (rozdíl součinitelů útlumu obou stran nápravy v %). [5]

Německý výrobce diagnostického systému M-TRONIC (**Obr. 9**) používá ke snímání pohybu ultrazvukový snímač. Samotné zařízení se připevňuje pomocí přísavných úchytů na blatník, nad testované kolo automobilu. Zařízení M-TRONIC je fyzicky skříňka malých rozměrů, v níž se nachází mikroprocesor a tepelná tiskárna. Po manuálním rozhoupání karosérie automobilu je odrazem ultrazvukového signálu od podlahy analyzován pohyb odpružené části karosérie automobilu. Ultrazvukový snímač je schopen zachytit výkyvné pohyby karosérie s přesností 1/6 mm v rozsahu od 1 do 1000 mm. Údaje shromažďuje centrální procesor, ten je následně přepočte na grafické křivky, které zobrazí na displeji přístroje. Lze identifikovat vadný tlumič, případně porovnat účinek tlumení levé a pravé strany u přední nebo zadní nápravy v procentech, případně grafickým způsobem – překrytím grafických výstupů tlumičů vždy jedné nápravy. [5]



Obrázek 9 – Impulsní dokmitový tester M-TRONIC SDT 2000/U [10]

Systém TRI STAR SCHOC TESTER přepočítává výsledné hodnoty dle metodiky EUSAMA, o které v této práci bude ještě další zmínka. Naproti tomu přístroj M-TRONIC využívá principu databázového systému. Na základě porovnání naměřených výsledků s údaji,

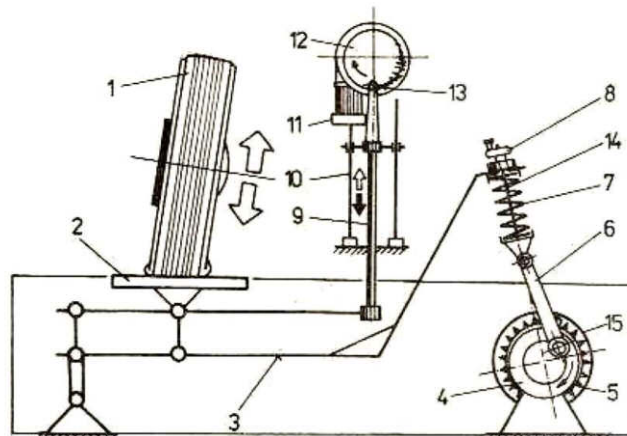
kteřé má přístroj pevně uloženy ve své databázi, vždy pro daný typ vozidla, může servisní technik stanovit velikost opotřebení tlumičů. Na rozdíl od přístroje českého výrobku, nastává zde problém v okamžiku, kdy vozidlo jehož tlumiče mají být předmětem testování, zmíněnou databázi neprochází nebo se zde nenalézá třeba jen model, typ motoru, typ tlumiče apod.. V tomto okamžiku přichází bohužel na řadu improvizace. Servisní technik je nucen hodnotit stav tlumiče porovnáním výsledků s daty podobného typu vozidla nebo podle jiné univerzální veličiny. Je dobré zde ještě zmínit, že přesnost měření není v tomto případě nijak ovlivněna, nicméně závěrečné hodnocení technického stavu tlumiče může být v takovém případě značně zavádějící a výsledek měření tak nemusí být zcela korektní. [8, 16]

3.1.2 Rezonanční amplitudový tester

Zařzení tohoto typu jsou vybaveny vibračními plošinami pro rozkmitání kola testovaného závěsu. Snímán je potom rozkmit plošiny během testu. Při samotném testu se nejprve vynuceně vybudí neodpružená hmota (zavěšení kola) do kmitání až k hranici kritického kmitočtu. V okamžiku, kdy je zdroj kmitání vyřazen, kmitá neodpružená hmota až do úplného útlumu. Režim kmitání neodpružené hmoty pak zahrnuje i oblast rezonančního kmitočtu a právě v této oblasti je indikován největší rozkmit, tedy amplituda rozkmitu. Její velikost, neboli rozměr je potom mírou tlumícího účinku kontrolovaného tlumiče. Indikovaný rozměr se následně porovná s hodnotou přípustného rozměru. Přípustný rozměr určuje pro každý typ vozidla přímo výrobce vozidla nebo výrobce diagnostického zařízení. Z tohoto tvrzení plyne podmínka databázového systému. Měření na takovýchto zařizích se uskutečňuje při poměrně malých rozkmitích a nízkých rychlostech – asi kolem $0,2 - 0,6 \text{ ms}^{-1}$. Rozkmit a zkoušecí rychlost stoupají s poklesem tlumících účinků kontrolovaných tlumičů. V návaznosti na zmínku o zkušebních rychlostech je pak potřeba konstatovat, že rezonanční amplitudovou metodou lze objektivně rozpoznávat poruchy tlumičů pouze v oblasti vyšších rychlostí. Mezi velmi rozšířená zařizích tohoto typu patřily ve své době zařizích firmy BOGE. V současné době se pak k výrobcům testovacích zařizích, jež k posuzování technického stavu tlumičů využívají rezonanční amplitudovou metodu, řadí především firma SACHS. Přesto, že doba, kdy bylo zařizích firmy BOGE v servisních sítích hojně rozšířeno je nenávratně pryč a toto zařizích nahradila zařizích jiná, technicky propracovanější, princip diagnostiky zůstává u těchto zařizích neměnný. Vyjma firmy SACHS, která vyrábí diagnostická zařizích pracující

na principu rezonančně amplitudovém, patří do této kategorie ještě např. MAHA MSD 3000, MAHA FWT 1 nebo zařízení firmy ACTIA ATAL. [5, 8]

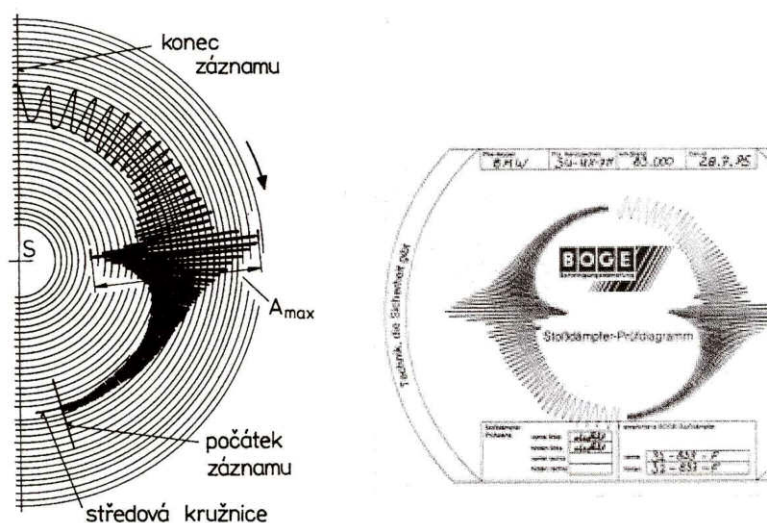
Zařízení BOGE (Obr. 10) je závislé na energetickém napojení, protože zdrojem, který uvádí vibrační plošiny do pohybu je elektromotor. Testovací zařízení je stacionární a vyžaduje trvalé zabudování.



Obrázek 10 – Funkční schéma zkušebny BOGE: 1 – kolo, 2 – opěrná plošina, 3 – pantografické zařízení, 4 – příruba klikového mechanismu, 5 – elektromotor, 6 – klikový mechanismus, 7 – vinutá pružina, 8 – nastavovací zařízení, 9 – tyč, 10 – vodící tyč, 11 – elektromotorek záznamového zařízení, 12 – záznamový kotouč, 13 – záznamové zařízení, 14 – šroub, 15 – setrvačnick. [11]

Rozkmit opěrné plošiny kola ve svislém směru, stejně jako kmitočety, jsou konstantní. Kolo se po nájědu opírá o střed opěrné plošiny, která je pantografickým zařízením spojena s aretační a hnací částí. Hnacími částmi jsou elektromotor se setrvačnickem a klikový mechanismus. Aretační část (šroub, matice a vinutá pružina) slouží k počáteční aretaci polohy záznamového zařízení a ke kompenzaci vlivu pneumatiky, která je posuzována, jako tvrdá pružina. V praxi - po nájětu příslušnými koly na střed opěrných plošin musí servisní technik upravit aretačním zařízením polohu záznamového zařízení na středové kružnici rastru záznamového kotouče. Na základě spuštění elektromotoru dochází ke kmitání opěrné plošiny, ta je funkčně spojena se záznamovým zařízením – dochází k průběžnému zápisu rozkmitů na

záznamový kotouč (**Obr. 11**) a to až k úplnému útlumu kmitání. Kritický kmitočet plošiny se obvykle pohybuje v rozmezí 13 – 15 Hz. [6]



Obrázek 11 – Záznam kmitání nápravy na zařízení BOGE [5]

3.1.3 Rezonanční adhezní tester

Metoda rezonančně adhezní, jejíž základem je předpis EUSAMA (EUropean Shock Absorber Manufacturer Association), vznikla s cílem sjednotit testovací postup při posuzování technického stavu zavěšení kol, čili zavést jednotné zkušební podmínky. Svisle kmitající plošina rezonančního testeru, na které spočívá měřené kolo – náprava, simuluje nerovnosti vozovky a současně registruje přitlačnou sílu tohoto kola při proměnlivé frekvenci kmitání plošiny. Vychází se z myšlenky, že důležité je přezkoušet kvalitu kontaktu kola s vozovkou, tzn. přilnavost kola k vozovce (adhezi). Změří se maximální hmotnost, kterou stojí v klidu stojící kolo na plošinu zařízení (100 %) a tato hodnota se porovná s hmotností, kterou toto kolo působí na plošinu při rozkmitání, kdy zkušebna simuluje nerovnosti vozovky při různých rychlostech. Frekvenční rozsah kmitání je zpravidla 0 – 25 Hz. Během měřícího procesu se tedy zjišťuje nejmenší hodnota přitlačné síly kola k plošině. Ta se obvykle projevuje v rozsahu 12 – 16 Hz. Záleží ale na typu vozidla i tlumiče. V přeneseném slova smyslu se zjišťuje schopnost tlumiče odpružení, respektive celého systému zavěšení kol, udržovat stálý kontakt kola s vozovkou. Čím lepší je tlumení, tím menší je naměřená odchylka od stoprocentní hodnoty. [5, 8]

Výsledkem zkoušky podle předpisu EUSAMA je nejmenší hodnota přítlaku kola k plošině v průběhu testu. Směrnice doporučuje vyjadřovat zjištěnou veličinu v poměru ke statické hodnotě přítlaku (podílu váhy na kolo). Například, pokud staticky působí kolo na zkušební plošinu hmotností 250 kg a minimální hmotnost přenášená na plošinu během testu (při rozkmitání tohoto kola) je 100 kg, pak minimální hodnota přílnavosti je $100/250 = 0,4$. Mluvíme-li pak o hodnotě v procentuálním vyjádření, je potřeba tento výsledek vynásobit koeficientem 100. Výsledná hodnota přítlaku kola je v tomto teoretickém příkladu tedy 40 %. Při měření se vyjadřuje adheze pro jednotlivé nápravy vždy pro levé a pravé kolo. Podle předpisu EUSAMA se tlumiče hodnotí následovně – viz. **tab. 3.1.** [5, 8]

Naměřená hodnota adheze	Hodnocení stavu tlumiče
61 a více	Výborný dynamický kontakt
41 – 60 %	Dobrý dynamický kontakt
21 – 40 %	Vyhovující dynamický kontakt
1 – 20 %	Nevyhovující dynamický kontakt
0 %	Špatný (neúčinný) dynamický kontakt

Tab. 3.1. – Hodnocení závěsu kola dle metodiky EUSAMA [8]



Obrázek 12 – Pohled na měřené kolo na plošině testeru (vlevo), Zařízení CARTEC Videoline 2010 E (vpravo) [12]

Renomované firmy někdy provádějí určitou optimalizaci předpisu EUSAMA a zkušební zařízení pak zohledňuje i některé další parametry zkoušeného vozidla, například vliv malé a

velké hmotnosti vozidla, její rozdělení na nápravy, poměr mezi hmotnostmi odpružených a neodpružených částí vozidla (hmot) a podobně. Diagnostická zařízení tohoto typu jsou v našich servisních sítích rozšířena nejvíce. Do této skupiny testerů patří také zařízení ROBOTERM STB 2.2, BOSCH SDL 260 nebo TriTec Diagnostic System.

3.2 Test tlumičů demontovaných z vozidlové zástavby

Na předchozích stranách byl sestaven přehled metod a zkušeben testujících tlumič zastavěný ve vozidlové zástavbě. Skutečnost je ale taková, že má-li být stav tlumiče skutečně objektivně vyšetřen, je třeba přistoupit k jeho demontáži z vozidlové zástavby a jeho změření na některém ze zkušebních stavů s přesnou měřicí technikou. Důvodem k uskutečnění těchto přesných měření je rovněž vývoj tlumičů, opravy a úpravy tlumičů a v některých případech se může jednat o měření tlumiče z reklamačních důvodů. V těchto speciálních zkušebních stavech bývá tlumič upnut zpravidla za úchyty. Zatěžován bývá v různých režimech stlačováním a roztahováním cyklickým přímočarým pohybem, který je realizován mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. [4, 8]

U mechanické měřicí stanice je pohon řešen obvykle použitím klikového mechanismu k němuž je upnut spodní úchyt testovaného tlumiče. Horní úchyt je spojen s cejchovaným měřicím prvkem síly. Snímanou veličinou je tedy velikost síly během jednoho celého zdvihu tlumiče. U modernizovaných zkušebních zařízení tohoto typu jsou pak veškeré snímané veličiny (navíc zdvih, rychlost, popř. teplota tlumičového oleje) snímány elektronicky a jejich výstup je dále zpracováván pomocí připojeného analyzátoru (PC). [4, 8]

Pneumatické měřicí stavy (**Obr. 13** - vlevo) nejsou příliš rozšířené. Pro jejich používání hovoří zejména vysoká mobilita samotného zařízení a velmi nízké pořizovací náklady. Jejich použití je výhodné hlavně v servisních sítích, tedy na místech, kde je standardně zdroj a rozvod tlakového vzduchu s dostatečnou kapacitou. Rovněž zařízení tohoto typu využívá ke zpracování a vyhodnocení naměřených dat připojené PC. U jednodušších verzí může být k zaznamenání výstupních dat použito mechanického zapisovače - dnes už ale spíše výjimečně. [4, 8]

Za technicky nejvyspělejší se v dané kategorii dají považovat hydraulické testovací stavy (**Obr. 13** - vpravo). Bývají řešeny jako počítačem řízené hydraulické pulsátory. Moderní zkušební stavy tohoto typu bývají osazeny několika na sobě nezávislými servohydraulickými

kanály. Správným řídicím softwarem lze pak plynule měnit, či ovládat jak zatížení v ose tlumicí jednotky, tak také boční zatížení. Lze i natáčet s horním úchytem tlumiče. [4]



Obrázek 13 – *Pneumatický zkušební stav E-5 Shock Dyno (vlevo), Hydraulický zkušební stav CY-6781 (vpravo) [13, 14]*

4. POPIS DIAGNOSTICKÝCH MĚŘENÍ

K samotným diagnostickým měřením jsem disponoval celkem třemi kusy plynokapalinových tlumičů pérování, jednoznačně určenými pro vůz Škoda Fabia I. generace, motorizace 1.4 MPI, provedení Hatchback, rok výroby 2000.

Tlumič č.1 představuje tlumič zn. MONROE u kterého není zjištěno jeho stáří, ani případný kilometrový náběh. Při vizuální kontrole je však jasné, že tento tlumič je funkční – plášť tlumiče nejeví žádné známky koroze, pístnice je rovněž bez jakéhokoliv poškození a při stlačování a roztahování v ruku klade významný odpor. O přítomnosti plynného média v tlumiči zas svědčí fakt, že pístnice, pakliže není nijak zatížena, zůstane vždy v horní poloze. Konstrukčně se jedná o dvouplášťový plynokapalinový tlumič pérování.

Tlumič č.2 měl být dle předpokladů tlumičem ve výborné kondici. Jedná se o tlumič firmy SACHS, typ Super Touring, stáří přibližně 1 roku s kilometrovým náběhem 6.000 km. Konstrukčně se pak dle údajů výrobce jedná o dvouplášťový plynokapalinový tlumič pérování.

Tlumič č.3 je totožný jako tlumič č.1. Zn. MONROE, shodného typu. Tlumič č.3 pochází z osobního vozidla, které na tomto tlumiči absolvovalo 110.000 km (údaj pochází z evidencí autorizovaného servisu Škoda). Dle dalších poznatků servisu se automobil pohyboval ve značné míře po nezpevněných lesních a polních cestách. Vizuální kontrolou je tlumič nezpůsobivý – plášť tlumiče je poměrně značně zkorodován, v místě vnějšího těsnění, které utěšňuje pístnici, je patrný únik provozního média tohoto tlumiče. Plynná náplň z tohoto tlumiče je buď vyprchalá, nebo je jen velmi slabá – pístnice zůstane vždy v takové poloze, ve které při ukončení vnějšího silového působení skončí. Přes vše shora uvedené klade pístnice při svém pohybu také značný odpor. Vzhledem k tomu, že se jedná o shodný typ, jako u tlumiče č.1, konstrukce tohoto tlumiče je tedy taktéž dvouplášťová – plynokapalinová.

4.1 Měření na zkušebním stavu Gillop 1.4

Jako první bylo třeba absolvovat měření na zkušebním stavu, aby bylo možné všechny zmíněné tlumiče relevantně porovnat a z nich následně vybrat ten, který se projeví jako defektní nebo charakteristikou nejrozdílnější. Daný tlumič osadit na vozidlo zn. Škoda Fabia v provedení Hatchback a s tímto vozidlem následně absolvovat jednotlivá měření na vybraných zkušebních bezdemontážní diagnostiky tlumičů.

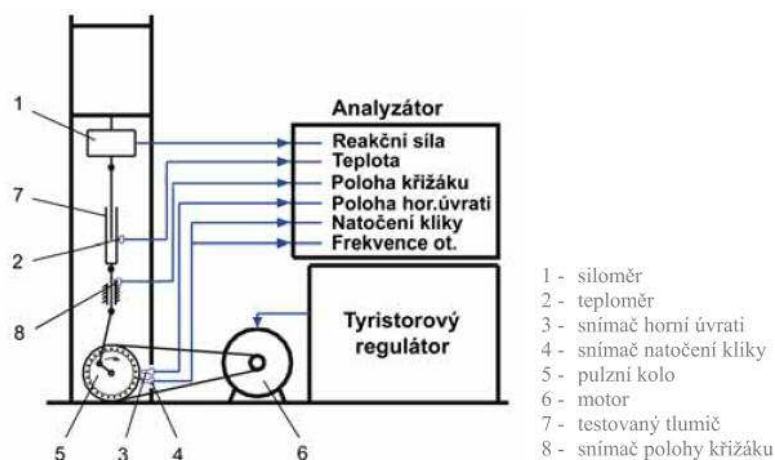
V souvislosti s nutností provedení měření na zkušebním stavu jsem po delším pátrání po tom, kdo by mohl podobným stavem disponovat, kontaktoval laboratoř Ústavu Konstruování při fakultě Strojního inženýrství VUT v Brně. Právě v jejich útrobách se nachází zkušební stav pocházející přímo z jejich dílny – jedná se o zkušební stav s názvem Gillop 1.4. Ústav konstruování mi v mých požadavcích vyšel vstříc, díky čemuž jsem mohl tolik potřebné měření bez problémů provést.

4.1.1 Zkušební stav a postup při měření

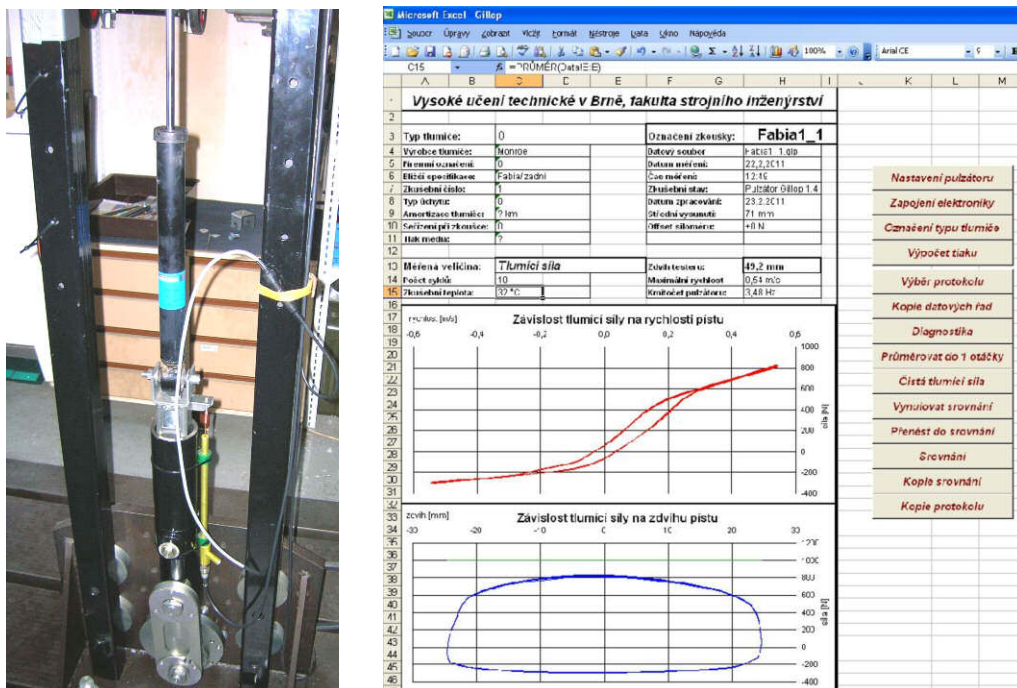
Nosnou část zkušebního stavu Gillop 1.4 tvoří masivní svařovaný základ se značnou tuhostí, která je nutná především k tomu, aby zachytila silové reakce pocházející od tlumiče i při vyšších zkušebních rychlostech, čímž se vyloučí nežádoucí projevy vibrací. Kinetické buzení je zajištěno klikovým mechanismem, který přes řemenový převod pohání

elektromotor. Rychlost pohonu je možné plynule měnit tyristorovým regulátorem. Zkoušený tlumič je na obou svých koncích upnut do univerzálních držáků. Plášť tlumiče je svým spodním čepem upnut zpravidla do pohonné části (ústrojí klikového mechanismu), pístnice je upevněna k pevné části, kterou tvoří ukotvení siloměru. Poloha siloměru je výškově stavitelná pomocí šroubového spojení posuvné příčky se stojinami. Charakteristiky, jimiž se standardně popisují vlastnosti tlumiče pérování, jsou závislost reakční síly na pracovním zdvihu pístnice a závislost reakční síly na rychlosti pohybu pístnice (tzv. F-z a F-v charakteristiky). Reakční síla tlumiče je měřena již zmíněným siloměrem, rychlost pohybu pístnice je získávána jednak na základě dat ze snímače úhlu natočení kliky a následné početní operace vyplývající ze znalosti klikového mechanismu a dále také z indukčního snímače okamžité polohy křížáku klikového mechanismu a následnou derivací naměřeného signálu. Jako doplňující parametr je polovodičovým teploměrem snímána teplota pláště tlumiče. Tu lze s jistou nepřesností považovat za teplotu tlumičového oleje, která má vliv na jeho viskozitu. Sběr a vyhodnocení naměřených dat ze všech snímačů zajišťuje analyzátor DAWE-2010. Na **Obr. 14** je pak znázorněno schéma měřicího řetězce u zkušebního stavu Gillop 1.4. [4]

Výstup provedených měření je uložen v textovém souboru na pevném disku připojeného PC a prostřednictvím přehledné aplikace vytvořené v programu MS Excel lze s těmito daty dále pracovat (viz. **Obr. 15**). Díky přehledným grafům lze porovnávat jednotlivé naměřené hodnoty (F-v a F-z charakteristiky) pro každý konkrétní tlumič. Aplikace dále provádí zprůměrování reakční síly do jedné otáčky klikového mechanismu a také přepočítá na čistou tlumící sílu, kdy se z charakteristiky F-v provedeným přepočtem odstraní hystereze - experimenty se zjistilo, že tento jev v F-v charakteristice je způsoben pružností uchycení tlumiče a také vnitřní pružností tlumiče, což představuje zejména tlak plynného média.



Obrázek 14 – Schéma měřicího řetězce přístroje Gillop 1.4 [4]



Obrázek 15 – Uchycení tlumiče do zkušebního stavu (vlevo), uživatelské prostředí pro následné zpracování naměřených dat (vpravo)

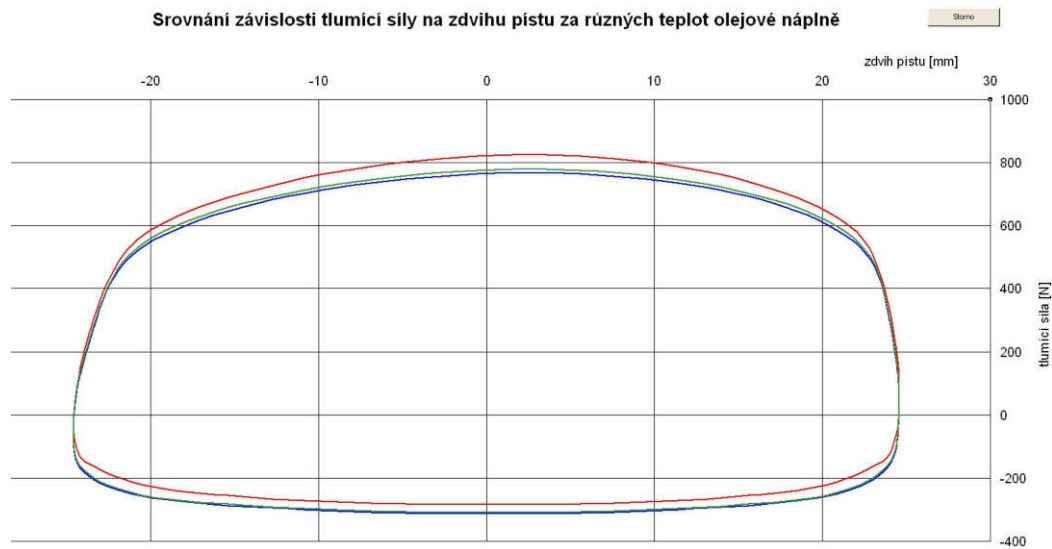
4.1.2 Výsledky měření

Každý měřený tlumič byl na zkušebnímu stavu testován při zdvihu 50 mm, tedy 25 mm směrem nahoru od střední polohy pístnice tlumiče (tj. polohy kdy vozidlo stojí na pevné a rovné podložce nezátíženo – dopředu na vozidle změřeno) a 25 mm směrem dolů od střední polohy pístnice tlumiče.

Nejprve bylo provedeno měření za účelem zjistit, jaký vliv má teplota tlumicího média (oleje) na výslednou tlumicí charakteristiku tlumiče. Byly proto provedeny na tomtéž tlumiči celkem tři měření, přičemž první snímání hodnot proběhlo při teplotě tlumicího oleje (respektive pláště tlumiče) 20 °C (na obrázku křivka červené barvy). Druhé snímání hodnot tlumicí síly v závislosti na zdvihu pístnice proběhlo při teplotě pláště 40 °C (křivka modré barvy) a třetí při teplotě 50 °C (křivka zelené barvy). Porovnání výsledných F-z charakteristik je patrné z **Obr. 16**.

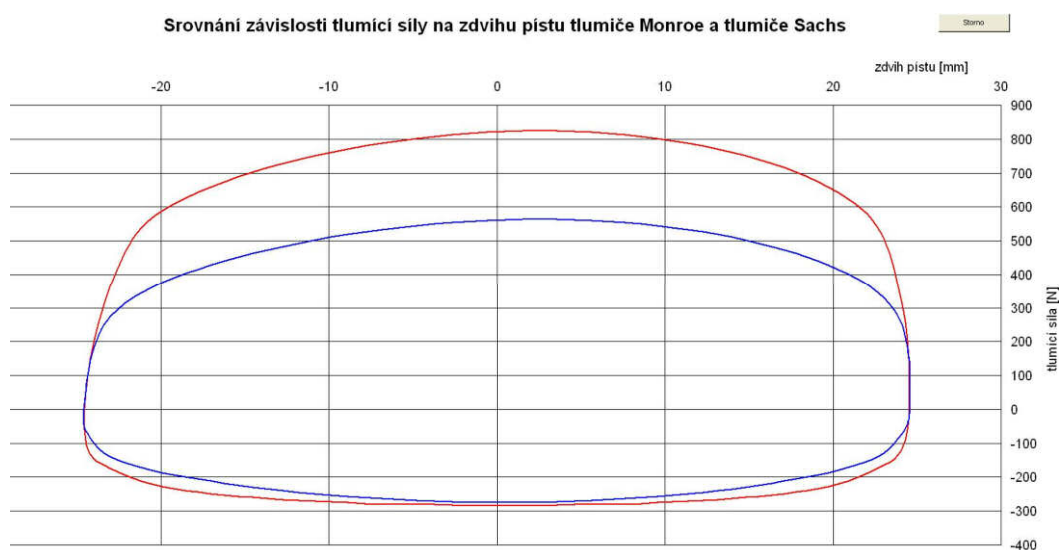
Jak je z jednotlivých charakteristik patrné, má teplota olejové náplně jistý vliv na výslednou tlumicí sílu. Tento jev je zapříčiněn viskozitou olejové náplně, která s rostoucí teplotou klesá, v důsledku čehož klade menší odpor při průchodu průtokovými ventily tlumiče

pérování. Jak je z grafického provedení patrné, rozdíl mezi tlumicí silou při 20 °C a při 40 °C je asi 50 N. Tlumicí síla při teplotě oleje tlumiče 40 °C a při 50 °C je již téměř shodná.



Obrázek 16 – Porovnání F-z charakteristiky tlumiče Monroe v závislosti na teplotě olejové náplně (20 °C – červená, 40 °C – modrá, 50 °C – zelená)

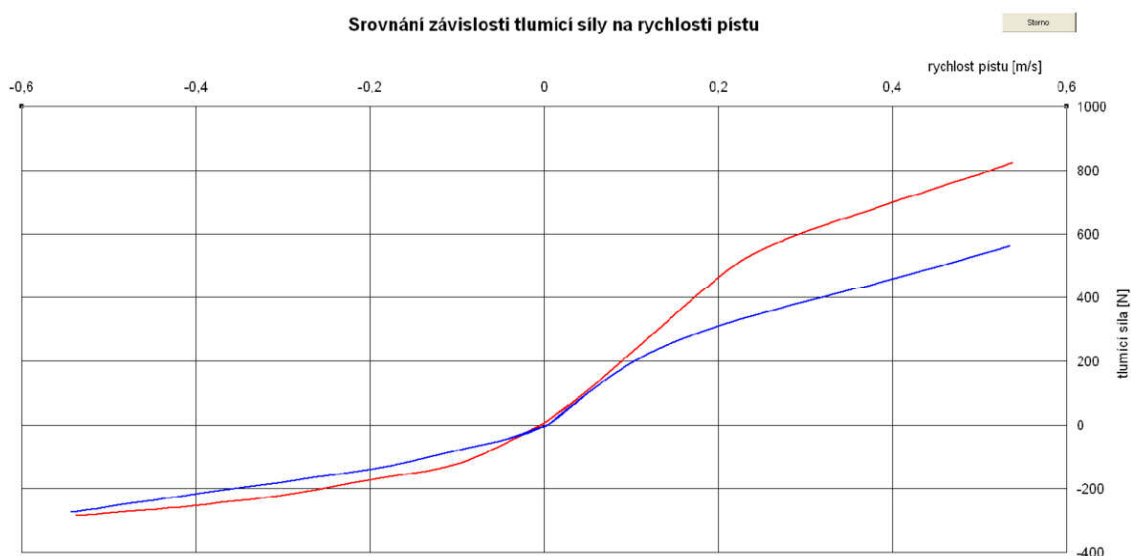
Další postup při měření na zkušebním stavu byl takový, že byl proměřen jednotlivě každý další tlumič pérování. Druhým změřeným tlumičem byl tlumič firmy SACHS, tedy tlumič č.2. Při tomto měření byly zaznamenány překvapivě nízké hodnoty tlumicí síly v porovnání s hodnotami tlumicí síly tlumiče č.1, jak je patrné z následujících grafů (srovnání jednotlivých F-z a F-v charakteristik – **Obr. 17** a **Obr. 18**).



Obrázek 17 – Grafické srovnání F-z tlumiče Monroe (červená křivka) a tlumiče Sachs (modrá křivka) při teplotě olejové náplně 20 °C

Takřka nový tlumič č.2 s minimální kilometrovým náběhem, navíc vyroben renomovanou firmou SACHS, vykázal značně menší tlumicí sílu, než tlumič č.1 – MONROE. Rozdíl mezi naměřenými tlumicími silami byl nezanedbatelných cca 260 N.

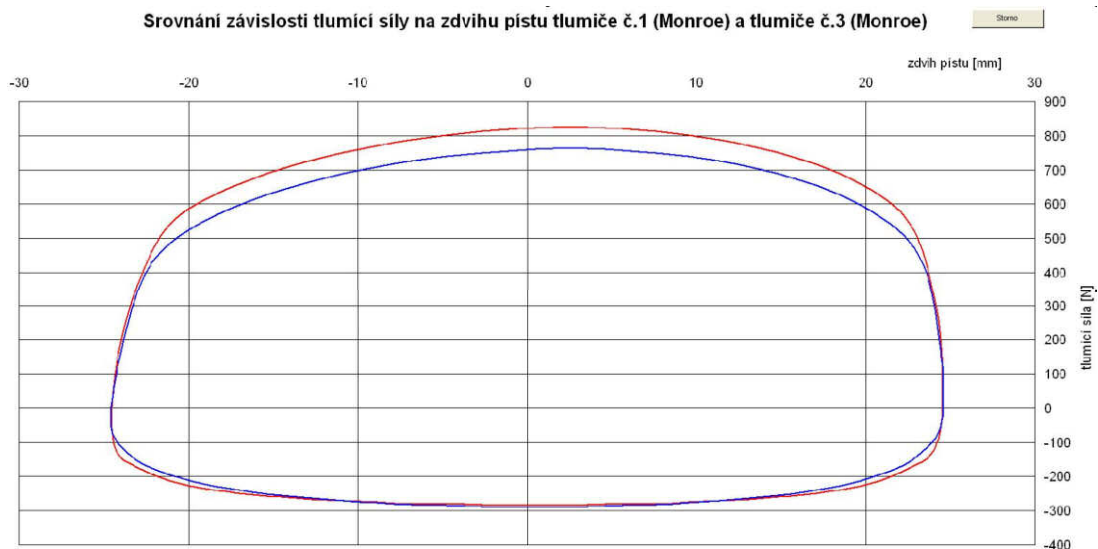
Jak bylo zjištěno dalšími provedenými měřeními a jejich srovnáváním, rozdíl v tlumicí síle byl stále přes 200 N a to i při vyšších teplotách olejové náplně obou tlumičů.



Obrázek 18 – Srovnání F - v charakteristiky tlumiče Monroe (červená křivka) a tlumiče Sachs (modrá křivka) při teplotě olejové náplně 20 °C

Jako poslední byl na zkušebním stavu proměřen tlumič č.3, tedy tlumič zjevně nejhoršího vizuálního vzhledu. Navzdory zcela jistému úniku plynného média z pláště tlumiče č.3, i navzdory zřejmému úniku provozní kapaliny tlumiče, naměřené hodnoty se u tlumiče č.3 proti předpokladům příliš nelišily od dobře fungujícího tlumiče téhož typu, tedy tlumiče č.1. Tvar charakteristiky F - z , jak je vidět na **Obr. 19**, rovněž nedoznal žádných patrných změn typických pro nějakou konkrétní závadu tlumiče.

Výsledek tohoto testu může do značné míry poukazovat na malou závislost velikosti tlumících sil na přítomnosti plynného média, které má zabránit pěnovosti olejové náplně a zároveň svědčí o malé závislosti na striktním objemu olejové náplně v plášti tlumiče. Samozřejmě zde nelze stanovit přesně, jaké množství olejové náplně z pláště tlumiče uniklo, rozhodně ale v tlumiči zůstalo takové množství provozního média, aby zajistilo bezproblémový chod tlumiče v jeho předpokládané pracovní oblasti.



Obrázek 19 - Grafické srovnání F - z tlumiče č.1 (červená křivka) tlumič č.2 (modrá křivka) při teplotě olejové náplně 20 °C

4.2 Měření na testeru BOSCH SDL 210 (EUSAMA)

Tester zavěšení kol BOSCH SDL 210 pracuje podle metodiky, zavedené sdružením evropských výrobců tlumičů EUSAMA. Princip na kterém je metodika EUSAMA založena, je již podrobně popsán v kapitole 3.1.3. Měření proběhlo v provozovně stanice technické kontroly – STK Rožnov pod Radhoštěm s.r.o., Tvarůžkova 2491, Rožnov pod Radhoštěm.



Obrázek 20 – Práce obsluhy s vozidlem (vlevo), detailní pohled na měřené levé kolo zadní nápravy (vpravo)

Kmitající plošina na které stojí měřené kolo, kmitá v tomto případě s výchylkou 6 mm a s proměnnou frekvencí, simulující nerovnosti vozovky. Současně zaznamenává přítlakovou sílu kola k plošině během testu. Číselná hodnota výsledku měření udává poměr nejmenší naměřené hodnoty přítlaku kola k měřicí plošině (nastávající při určité frekvenci, označované jako rezonanční), vůči hodnotě statické, což je přítlaková hodnota kola v klidu.

4.2.1 Postup při měření

Před započítím měření je obsluha zařízení, dle pokynů výrobce zkušebního zařízení, povinna nejprve překontrolovat tlak v pneumatikách a v případě zjištěného nedostatku (tlak v pneumatikách má rozdílné hodnoty od hodnot předepsaných výrobcem daného vozidla) upravit tlak v pneumatikách vozidla na patřičnou hodnotu. Následně je potřeba kola měřené nápravy ustálit na zkušební plošině měřícího přístroje. Je důležité, aby se měřené kolo na plošině nacházelo přesně uprostřed a v klidu. Výrobcem uváděného zařízení je tato potřeba ošetřena indikátory, které jsou v podobě kontrolních světel umístěny na výstupní jednotce zařízení. Po ustálení vozidla na měřících plošinách může započít samotné měření kol dané nápravy. Vozidlo musí být odbrzděno, motor nesmí být v chodu a nesmí být zařazen žádný rychlostní stupeň. Měření se provádí vždy jednotlivě pro levé a pravé kolo nápravy vozidla.

Naměřené výsledky jsou uváděny bezprostředně po provedeném měření každého jednotlivého kola na výstupním displeji ovládací jednotky měřícího přístroje. Po proměření obou kol je k dispozici na displeji také tzv. diferenční hodnota, tedy rozdíl mezi přítlakem kola levé a pravé strany, udávaná po přepočtu v procentech. Po ukončení všech měření obsluha vytiskne přehledný protokol s výsledky provedených měření. Samotný výrobce tohoto zařízení fa BOSCH pak v provozním návodu uvádí, že je-li hodnota přítlaku kola větší, než 45 %, jedná se o dobrou přilnavost kola k vozovce. Leží-li hodnota přilnavosti v intervalu 25 - 45 %, jedná se o slabou přilnavost kola k vozovce. Pokud je výsledná hodnota dokonce menší než 25 %, výrobce uvádí, že se jedná o příliš slabou přilnavost kola k vozovce, která může být dokonce nebezpečná. Dalším pomocným kritériem je pak již dříve zmíněná diference. Ta by měla být v každém případě menší než 15 %. V opačném případě takový výsledek signalizuje defektní tlumič pérování, či chybu v zavěšení kola a je potřebná důkladná kontrola. Výrobce pak v tomto provozním návodu uvádí, že v případech, kdy jsou diagnostikovány tlumiče zadní nápravy malých a lehkých vozidel, která mají motor umístěn vpředu (Opel Corsa, Fiat Panda, Renault Twingo,...) jsou nízké hodnoty přilnavosti

v rozmezí 20 – 40 % normální a výsledek nepoukazuje na defektní tlumiče. Pro kontrolu je pak možné zatížit zadní sedadla vozidla dvěma osobami.

4.2.2 Výsledky měření

Test tlumičů na zařízení BOSCH SDL 210 byl prováděn v době, kdy se teplota vzduchu pohybovala okolo 10 - 12 °C. Dojezdová vzdálenost ke zkušebnímu zařízení činila 20 km. Teplota při snímání tlumících sil na testovací stoličce Gillop 1.4 činila 20 °C. Ze strany STK Rožnov pod Radhoštěm, která testerem BOSCH SDL 210 disponuje, bylo proto umožněno nejprve po časový úsek 60-ti minut ponechat v klidu stojící vozidlo v prostorách s teplotou okolí pohybující se právě kolem hodnoty 20 °C. Vozidlem, na němž byly tlumiče testovány byla Škoda Fabia 1.4 MPI, provedené Hatchback, roku výroby 2000, stav tachometru cca 92 tkm. Poslední technická prohlídka byla na vozidle provedena 12/2010. Vozidlo bylo opatřeno zimními pneumatikami zn. SEMPERIT o rozměru 165/70 R14 nahuštěnými na tlak předepsaným výrobcem (pro přední nápravu 2,1 atm, pro zadní nápravu 2,0 atm). Pohotovostní hmotnost vozidla činí dle technické dokumentace 1065 kg. Na základě výsledků měření tlumičů ze zkušebního stavu Gillop 1.4 byla levá strana zadní nápravy osazena tlumičem č.1 - MONROE, pravá strana zadní nápravy tlumičem č.2 - SACHS. Před provedením prvního testu s vyhodnocením byl navíc proveden vždy jeden test pro každé kolo vozidla bez indikace záznamu – uvedení tlumiče do provozního stavu.

Axle: 1				
		left	right	total
Eusama:	%	71	69	3
Difference:	%			3
Weight:	kg	340	329	669

Axle: 2				
		left	right	total
Eusama:	%	52	40	23
Difference:	%			23
Weight:	kg	225	212	437

Total weight: kg				1106
------------------	--	--	--	------

Obrázek 21 – Výsledky prvního testu ze zařízení BOSCH SDL 210

Po provedení prvního testu (viz. **Obr. 21** – výsledky v protokolu, zadní náprava označena jako Axle 2) byl navíc proveden druhý test, spočívající ve změně vstupních podmínek, přesněji řečeno ve změně váhy vozidla. Změny váhy vozidla bylo docíleno tak, že v době testu tvořily osádku vozidla dvě osoby. Výsledná hodnota hmotnosti dle protokolu byla 1290 kg oproti 1106 kg v prvním případě. Tuto hmotnost nelze považovat za hmotnost vozidla, jelikož se jedná pouze o prostý součet dílčích hmotností – rozložení zatížení na každé jednotlivé měřené kolo. Pro větší přehlednost jsou výsledky obou testů uvedeny v **tab. 4.2**.

	Přední náprava (EUSAMA - %, hmotnost – kg)			Zadní náprava (EUSAMA - %, hmotnost – kg)		
	Levé	Pravé	Diference	Levé	Pravé	Diference
1. měření (bez osádky)	71 %	69 %	3 %	52 %	40 %	23 %
Zatížení	340 kg	329 kg	3 %	225 kg	212 kg	5 %
2. měření (s osádkou)	74 %	72 %	3 %	59 %	50 %	15 %
Zatížení	392 kg	374 kg	4 %	268 kg	256 kg	4 %

Tabulka 4.2 – Výsledky provedených měření na zkušebním zařízení BOSCH SDL 210

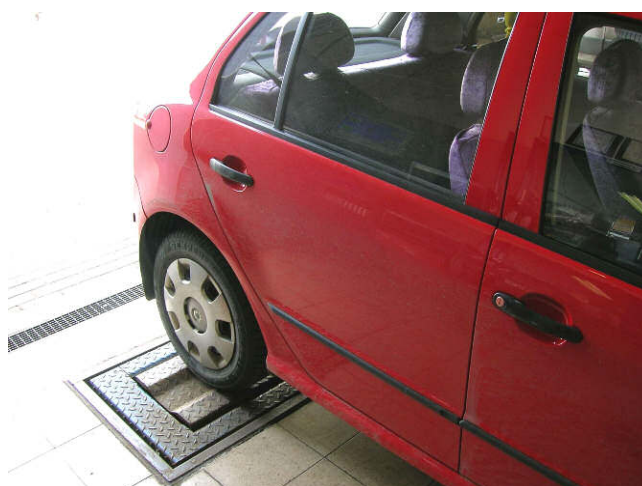
Jak je z tabulky 4.2 patrné, v případě přední nápravy, kde jsou použity tlumiče jednoho výrobce a stejného typu s kilometrovým náběhem cca 10 tkm, je diference vzhledem k přitlačné síle kola k vozovce téměř shodná s diferencí související s rozložením váhy vozu na jednotlivá vozidlová kola. Zatímco v případě zadní nápravy je diference v přitlačné síle značně odlišná od diference rozložení váhy. S rozložením váhy na jednotlivá kola proto zcela jistě nesouvisí. V tomto případě jsou oba rozdílné tlumiče bezpečně identifikovány a jednoznačně lépe se v přitlačné síle kola k vozovce dle předpokladů projevuje tlumič MONROE s větší tlumící silou. Tlumič značky SACHS by měl podle výsledku měření a provozního návodu k testeru zn. BOSCH jen slabou přilnavost kola k vozovce, podle metodiky EUSAMA je výsledkem vyhovující dynamický kontakt. Tlumiče rozdílných výkonů na zadní nápravě se ve výsledku testu projeví.

4.3 Měření na testeru SACHS EFD 200

Tento tester se řadí do skupiny testerů pracujících na principu rezonančně amplitudovém. Koly měřené nápravy se najede na zkušební plošiny, které jsou postupně pomocí klikového mechanismu se setrvačником rozkmitány do frekvence vyšší, než je frekvence nadkritická. Po vypnutí pohonu klesá frekvence postupně i přes rezonanční oblast. Snímaným parametrem je rozkmit opěrné plošiny. Podrobnější zmínka o tomto principu je již v kapitole 3.1.2. Měření proběhlo v servisu sítě ContiTrade s.r.o., Příborská 2256, Frýdek-Místek.

4.3.1 Postup při měření

Obdobně, jako u metodiky EUSAMA, je i v tomto případě obsluha nejprve povinna před započítím měření na zařízení, dle pokynů výrobce, překontrolovat nejprve tlak v pneumatikách a v případě zjištěného nedostatku tlak v pneumatikách vozidla upravit na patřičnou hodnotu. Teprve po provedení této kontroly může zkoušené vozidlo najet svými koly na plošiny zkušebního zařízení. Náklad vozidla nemá dle výrobce zařízení žádný vliv na výsledek testu. Vozidlo nesmí stát na deskách šikmo nebo mimo střed. Ruční brzda vozidla musí být uvolněna, převodovka musí být v poloze neutrál a motor vozidla musí být vypnutý.



Obrázek 22 – Detailní pohled na měřené pravé kolo zadní nápravy

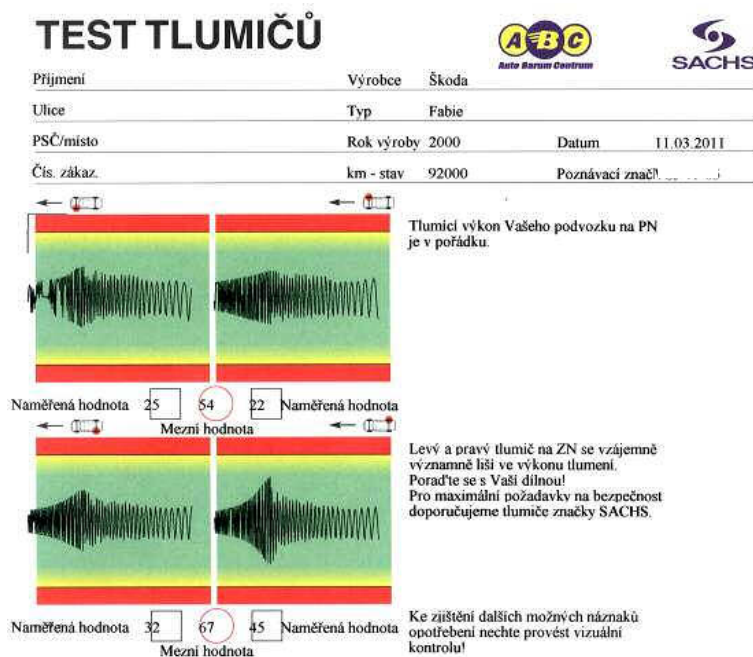
Dle výrobce zařízení SACHS EFD 200 by se zkoušky měly provádět při teplotě okolí v rozmezí 10 - 40 °C. Na vozidle se pak diagnostikuje každé kolo nápravy jednotlivě.

Výsledek testu se okamžitě po ukončení měření každého jednoho kola zobrazuje na monitoru výstupního zařízení (PC). K zobrazeným výsledkům patří jak diagram naměřených hodnot, tak také indikace naměřené hodnoty (tj. přesná číselná hodnota max. naměřené amplitudy) a indikace bezpečnostních hodnot (tj. hodnota, která je v databázi zkušebního zařízení uvedena výrobcem vozidla přímo pro daný model, jako kritická hodnota útlumu - amplitudy).

4.3.2 Výsledky měření

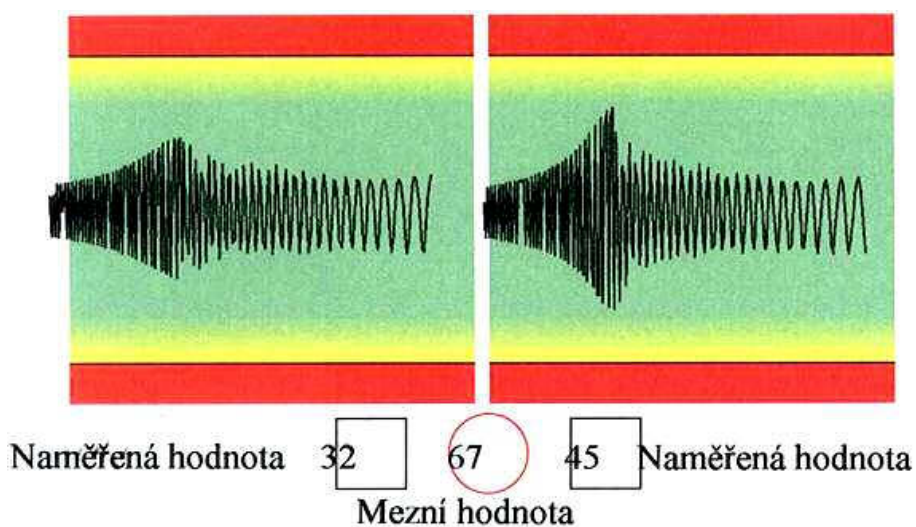
Test tlumičů na zařízení SACHS EFD 200 byl prováděn v době, kdy se teplota vzduchu pohybovala okolo 13 °C. Test na tomto zařízení probíhal rovněž s vozidlem Škoda Fabia 1.4 MPI. I další vlastnosti vozidla přesně definované v kapitole 4.2.2 zůstaly neměnné. Dojezdová vzdálenost k tomuto zařízení činila 55 km.

Řídící program zkušebního zařízení je vybaven softwarem pro zahřívání tlumičů. Výrobce zařízení, firma SACHS, totiž ve svém provozním manuálu uvádí, že ideální provozní teplota tlumičů je 20 °C a více. Obsluha zařízení proto v daném případě tohoto softwaru využila, aby bylo u tlumičů dosaženo pokud možno uvedené optimální provozní teploty. V praxi to pak znamenalo jen provedení prvního měření bez získání záznamu.



Obrázek 23 - Výsledný protokol po provedení testu na zařízení SACHS EFD 200

Po ukončení kompletního měření vytiskne obsluha protokol o testu tlumičů – viz. **Obr. 23**, podle kterého je zkouška vyhodnocena. Jak je patrné z detailního pohledu na výsledek testu zadní nápravy (**Obr. 24**), levá a pravá strana se vzájemně významně liší ve výkonu tlumení, na což poukazuje jak samotné vykreslení naměřených průběhů, tak také bezrozměrné číselné hodnoty maximálního rozkmitu (32 proti 45) uvedené pod těmito průběhy. I nyní byl na levé straně vozu namontován tlumič č.1 (MONROE) s tlumící silou kolem 800 N, na straně pravé tlumič č.2 (SACHS) s tlumící silou okolo 600 N.



Obrázek 24 – Detailní pohled výsledek testu zadní nápravy

Jako kritickou hodnotu rozkmitu pro zadní nápravu vozu Škoda Fabia stanovil výrobce Škoda Auto (podle databáze zkušebního přístroje) mezní hodnotu 67 (bezrozměrná hodnota), která je rovna 100 % kritické hodnoty. Pakliže by některý z rozkmitů kola dosáhl této hodnoty, byl by na výsledku testu graficky vykreslen až do pole červené barvy. Žlutě zbarvená oblast je oblastí rizikovou. Rozkmit amplitudy do této oblasti by měl vypovídat o dostatečné hodnotě tlumení testovaného tlumiče. Zeleně zbarvená oblast indikuje rozkmit u dobrého stavu tlumení. Oba tlumiče se v tomto případě sice jeví jako plně funkční, protože výchylka kmitání leží v obou případech v zelené oblasti, ale zároveň mají navzájem velmi odlišné vlastnosti (výkon tlumení), na což poukázal i samotný výsledek testu. V případě takového výsledku měření doporučuje výrobce diagnostického zařízení důslednou vizuální kontrolu tlumičů, následně kontrolu mechaniky podvozku, případně výměnu obou tlumičů nápravy. Výsledkem tohoto testu je, že diagnostické zařízení firmy SACHS EFD 200 zcela

bezpečně a správně identifikovalo oba rozdílné tlumiče u zadní nápravy. Přesně navíc vyhodnotilo, že se jedná o tlumiče s rozdílným výkonem tlumení.

4.4 Měření na testeru M-TRONIC SDT 2000/U

Tento testovací přístroj je řazen mezi impulsní dokmitové testery, kdy prvotní impuls – neboli prvotní „zhoupnutí“ karoserie způsobuje obsluha tohoto zařízení a to u každého měřeného kola zvlášť. Měřicí přístroje tohoto typu jsou rozebrány v **kapitole 3.1.1**. Měření na tomto zařízení proběhlo v servisu síť ContiTrade Services s.r.o., Tyršova 4, Hodonín.

4.4.1 Postup při měření

Obsluha tohoto zařízení je taktéž v tomto případě povinna před započítím měření překontrolovat tlak v pneumatikách a v případě potřeby hodnoty tlaku upravit na hodnoty předepsané výrobcem automobilu. V návodu k použití přístroje M-Tronic SDT 2000/U jsou pak uvedeny další povinnosti obsluhy, které musí obsluha splnit, aby bylo měření korektní. Výrobce tohoto zařízení vnímá vliv teploty tlumiče jako významný prvek ovlivňující výsledek testu, proto v návodu ukládá povinnost absolvovat krátkou jízdu před započítím měření a následně v každém případě automobil vždy několikrát intenzivně prohoupat. Před začátkem měření musí být dále povolena ruční brzda a vyřazen jakýkoliv rychlostní stupeň.

Jak již bylo zmíněno, tento přístroj pracuje na podkladě databázových informací. Je tedy nutné před započítím měření zadat přístroji referenční hodnoty pro konkrétní značku, typ a navíc i motorizaci vozidla. Tyto referenční hodnoty jsou udávány a pravidelně aktualizovány výrobcem zařízení. Referenční hodnota je složena z celkem tří číslic. Např. pro testovaný vůz Škoda Fabia 1.4 MPI (44 kW) je referenční hodnota pro přední nápravu 374, kdy první číslice, tedy číslice 3 odkazuje přístroj na pozici 3 v převodní tabulce pro hodnotu minimální velikosti „prohupu“ karoserie při testu. Pro tuto pozici je hodnota minimálního „prohupu“ stanovena na 3,6 – 4,0 cm. V případě, že prvotní impuls nedosáhne požadované nebo vyšší hodnoty, měření neproběhne. Další dvě číslice – 74 odpovídají číselně průměrné hodnotě EUS (Evaluted Ultrasonic Signal – vyhodnocený ultrazvukový signál). Referenční hodnota pro zadní nápravu je v tomto případě 591 (stlačení karoserie 4,6 – 5,0 cm, 91 EUS).

Ve výsledku přístroj porovná výsledek měření s hodnotou odpovídající zadané průměrné EUS hodnotě a měření vyhodnotí. Leží-li výsledek v intervalu 65 – 100 % je zhodnocení účinnosti – „**Dobrý**“ (zobrazí se také na displeji přístroje i na výsledném protokolu). Výsledek měření mezi 60 – 64 % odpovídá tlumiči na hranici použitelnosti a na displeji přístroje i na protokolu se objeví „???“ . Výsledek 0 – 59 % svědčí o špatné účinnosti tlumení. Zhodnocení účinnosti tlumení je v takovém případě „**Defekt**“.



***Obrázek 25** – Manipulace obsluhy s měřícím přístrojem M-Tronic SDT 2000/U*

Výsledná hodnota EUS může nabýt hodnoty vyšší než 100 %. V tomto případě jsou tlumiče každopádně v pořádku a výrobce zkušebního zařízení M-Tronic SDT 200/U odůvodňuje takovýto výsledek tím, že tyto tlumiče jsou lepší, než je průměr v dané kategorii, anebo byly na vozidlo namontovány dodatečně jiné (např. sportovní) tlumiče.

Na vozidle se rovněž v tomto případě diagnostikuje každé kolo jednotlivě. Výsledek testu se okamžitě po ukončení měření každého jednoho kola zobrazí na monitoru měřícího přístroje a zároveň se uloží do paměti, aby mohly být veškeré výsledky po ukončení měření souhrnně vytisknuty v podobě protokolu.

4.4.2 Výsledky měření

Test tlumičů na zařízení M-Tronic SDT 2000/U byl prováděn v době, kdy se teplota vzduchu pohybovala okolo 15 °C. Test na tomto zařízení probíhal s totožným vozidlem Škoda

Fabia 1.4 MPI. Rovněž další dílčí vlastnosti – počáteční podmínky pro měření, které jsou přesně definovány u měření předcházejících, zůstaly pro zachování korektnosti měření neměnné. Dojezdová vzdálenost do servisního zařízení vybaveného tímto testerem činila 150 km. Test tlumičů proběhl bez zbytečného odkladu ihned po příjezdu vozidla do servisu. Měření proběhlo ve dvou cyklech. Při měření se postupovalo od levého předního kola postupně přes kola zadní nápravy ke kolu pravému přednímu tak, jak je naznačeno v **tab. 4.4**.

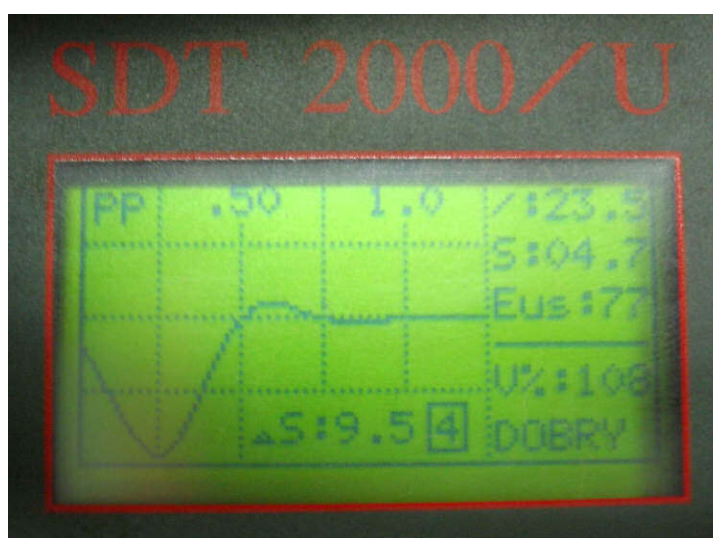
Z technických důvodů, kterými byla porucha tepelné tiskárny měřicího zařízení M-Tronic SDT 200/U nebylo možné vytištění výsledkového protokolu, rovněž proto jsou veškeré výsledky měření zaznamenány v následující tabulce.

	Přední levé		Zadní levé		Zadní pravé		Přední pravé	
	EUS	V%	EUS	V%	EUS	V%	EUS	V%
1. měření	64	72	89	95	80	75	77	108
2. měření	78	110	90	98	84	84	76	105

Tabulka 4.4 – Výsledky provedených měření na zkušebním zařízení M-Tronic SDT 2000/U

Legenda: **V%** - Výsledné hodnocení v procentech.

EUS – Vyhodnocený ultrazvukový signál (*Evaluated Ultrasonic Signal*)



Obrázek 26 – Výsledek testu 1. měření u pravého předního kola zaznamenán z displeje přístroje M-Tronic SDT 2000/U

Jak je dále z **tab. 4.4** jsou výsledky u jednotlivých měření stejného kola ve dvou případech značně rozdílné. Jedná se o hodnoty u předního levého a zadního pravého kola. V prvním případě mi byly takto rozdílné hodnoty obsluhou zdůvodněny tak, že měřicí přístroj byl na karoserii automobilu zřejmě špatně přichycen, v důsledku čehož došlo k tak výraznému zkreslení hodnot. Ve druhém případě mi obsluha zařízení sdělila, že se jedná o běžnou diferenci hodnot, která na výsledek testu nemá závažný vliv.

Co je z výsledků dále patrné, hodnoty EUS u levého a pravého kola zadní nápravy se významně liší a to u obou provedených měření. Podle těchto výsledků se dá konstatovat, že i tento přístroj rozpoznal tlumiče rozdílných výkonů na zadní nápravě. Servisní pracovníci provedli po ukončení měření vizuální kontrolu tlumičů (jako první a jediní). Provedenou vizuální kontrolou byly sice oba rozdílné typy tlumičů na zadní nápravě rozpoznány, nicméně na podkladě výsledků měření bylo řečeno, že všechny vozidlové tlumiče jsou v pořádku (výsledek testu „**Dobry**“) a difference výsledků zjištěná u tlumičů zadní nápravy není tak významná, aby vyžadovala výměnu tlumičů, či jakýkoliv jiný zásah.

5. VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT

Výsledky laboratorního měření na zkušební stoličce jsou pro tuto práci považovány za výsledky, ze kterých se vychází při hodnocení výsledků bezdemontážních testerů založených na třech rozdílných diagnostických metodách. Je totiž neoddiskutovatelným faktem, že měření demontovaného tlumiče vypovídá zcela jistě a přesně o všech jeho vlastnostech a jen tyto výsledky nejsou nijak ovlivněny třeba nevyhovujícím technickým stavem dílčích částí zavěšení kola. Z výsledků všech provedených měření na zařízeních určených pro bezdemontážní diagnostiku účinnosti tlumení je patrné, že tlumiče rozdílné tlumící síly se do konečného vyhodnocení testu v každém případě nějakým způsobem promítly (viz. **tab. 5.1**).

Z provedeného testu na zařízení BOSCH SDL 210 využívajícího metodiky EUSAMA, tedy rezonančního amplitudového testu, se dá konstatovat, že zjištěný rozdíl v přítlačných silách na kolech zadní nápravy relativně odpovídá diferenci v tlumících silách obou tlumičů změřených na zkušební stavu. Naproti tomu druhé měření provedené nad rámec práce, jehož výsledek do značné míry ovlivnila osádkou zvýšená hmotnost vozidla, potvrdilo závislost testovacího zařízení, respektive dané metodiky, na změnu a rozložení váhy

u testovaného vozu. Zatížení vozu osádkou se tak negativně promítlo do výsledku provedeného testu.

Zařízení firmy SACHS, pracující na principu rezonanční amplitudové metody, ve svých výsledcích rovněž poměrně přesně vyhodnotilo diferenci amplitudy tlumení na zadní nápravě, která v podstatě kopírovala diferenci tlumících sil. Ve výsledném protokolu o provedeném měření, jehož zpracování působilo nejprofesionálnějším dojmem, tester SACHS EFD 200 navíc přesně diagnostikoval, že oba tlumiče se významně liší ve výkonu tlumení a ve výsledném protokolu na tuto skutečnost poukázal. Jedinou nevýhodu tohoto zařízení spatřuji pouze v závislosti softwaru zařízení na jeho aktualizacích. Toto zařízení totiž porovnává naměřené hodnoty amplitudy rozkmitu s hodnotami, které výrobce konkrétního automobilu nebo tlumiče stanoví, jako hodnoty limitní.

	Tlumič MONROE	Tlumič SACHS	Diference
Gillop 1.4	825 N	560 N	32 %
BOSCH SDL 210	52 %	40 %	23 %
SACHS EFD 200	32	45	29 %
M-Tronic SDT 2000/U	89 EUS	80 EUS	10 %

Tabulka 5.1 – Srovnání všech naměřených výsledků a zjištěných diferencí

Technicky nejjednodušším, prostorově nejméně náročným a ve svých výsledcích bohužel nejméně přesným byl tester impulsní dokmitový, čili tester M-tronic SDT-2000/U. Do výčtu nevýhod tohoto zařízení patří zejména závislost na aktualizacích referenčních hodnot, které jsou udávány pro každý konkrétní automobil. Dále se u zařízení tohoto typu může ve výsledcích testu nejvíce projevit v negativním slova smyslu lidský faktor. Přesné dodržení metodiky postupu před i během testu, která je daná výrobcem zařízení a následné kvalifikované zhodnocení výsledku testu servisním technikem jsou základem pro úspěšné provedení a vyhodnocení testu. Bez nedodržení některé z těchto podmínek má výsledek testu, dle mého názoru, jen malou vypovídající hodnotu. Dalším dílčím zklamáním byla porucha integrované tepelné tiskárny u tohoto zařízení pro vytištění výsledných protokolů. Hodnocení účinnosti tlumiče, u kterého číselná hodnota převyšuje 100 %, svědčí jen o další nedokonalosti zařízení a jeho softwarového vybavení. Po provedení dvou měření, při zachování shodných podmínek pro měření, byly navíc v některých případech zaznamenány značně rozdílné výstupní hodnoty. Zařízení sice dle výsledků a dle mého názoru rozpoznalo tlumiče rozdílné výkonnosti na zadní nápravě, ale servisnímu technikovi nezadal výsledek

testu ani v jednom případě důvod k důkladné kontrole tlumení u zadní nápravy. Diference hodnot prý nepřesáhla stanovenou toleranci.

Ve všech ostatních případech byla ze strany obsluhy uvedených zařízení doporučená důkladná kontrola tlumičů u zadní nápravy a rovněž jejich případná výměna.

Nad rámec práce bylo na zkušebním stavu ověřeno, jaký vliv má teplota tlumičového oleje na tlumící charakteristiku tlumiče. Přesto, že teplota tlumičového oleje má v řádech jednotek °C na výslednou tlumící charakteristiku jen nepatrný vliv, bylo mou snahou se laboratorní teplotě v každém případě co nejvíce přiblížit.

6. ZÁVĚR

Provedeným měřením na zkušebním stavu, kterým celý etalon měření začal, byly kompletně změřeny a vyhodnoceny tři kusy tlumičů určených pro zadní nápravu osobního motorového vozu Škoda Fabia. Před měřením panoval předpoklad, že minimálně jeden z tlumičů je ve 100 % kondici a minimálně jeden z tlumičů je na konci své životnosti. Výsledek měření však naproti tomu ukázal, že vizuální kontrola tlumiče, ani markantní rozdíl v kilometrovém náběhu u jednotlivých tlumičů, nemají dostatečně vypovídající hodnotu pro posouzení stavu jejich kvality. Původním záměrem bylo osadit jednu stranu zadní nápravy vozu tlumičem defektním s konkrétní technickou závadou. Pro účely měření se však takový tlumič nepodařilo zajistit a následná degradace některého ze zajištěných tlumičů, provedená např. na zkušebním stavu by byla časově i finančně velmi náročná. Cílem této práce bylo porovnat jednotlivá měření na vytipovaných bezdemontážních zařízeních s výsledky měření tlumičů ze zkušebního stavu. K tomuto účelu a k naplnění záměru práce tak byly nakonec vybrány dva tlumiče, u kterých byla jejich tlumící síla značně rozdílná. Těmito tlumiči byla osazena zadní náprava testovaného vozu a následně byl proveden etalon měření, jejichž výsledky jsou zhodnoceny v kapitole předchozí.

V návaznosti na shora uvedené a na zjištěné výsledky ze zkušebního stavu, bylo snahou zjistit, proč byla zjištěna u dvou tlumičů, které jsou určeny pro vůz Škoda Fabia, tak významně rozdílná tlumící síla. Pro získání odpovědi jsem kontaktoval jak výrobce vozu - mladoboleslavskou Škoda Auto a.s., tak také výrobce inkriminovaných tlumičů. Odpovědi jsem se bohužel buď nedočkal, nebo mi bylo sděleno, že předmětné informace mají charakter firemního tajemství a poskytnuty mi nebudou. Jako jedna z možných odpovědí se dle mého

názoru, ke kterému jsem dospěl po vypracování práce a po konzultacích s brněnským Ústavem konstruování, nabízí pouze ta, že charakteristika moderních tlumičů je zaměřena spíše na požadavek komfortní jízdy. Technický vývoj stále se rozvíjejících elektronicky řízených aktivních podvozků v kombinaci s podpůrnými prvky jako je ABS či ESP pak uspokojuje nemalé požadavky na jízdní komfort při zachování maximální možné bezpečnosti jízdy.

LITERATURA A ZDROJE

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [2] ROZENBERG, Jaromír. *Autopriemysel.sk* [online]. 2005 [cit. 2011-01-13]. Magnetoreologický tlumič – novinka v dopravních systémech . Dostupné z WWW: <http://www.autopriemysel.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=5919&Itemid=118>.
- [3] PRAŽÁK, František. *Tlumič odpružení jako prvek ovlivňující jízdní vlastnosti automobilu* [online]. Brno. 21 s. Pojednání ke státní doktorské zkoušce. VUT Brno. Dostupné z WWW: <http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=57>.
- [4] ŠINDELÁŘ, Martin. *Sledování technického stavu závěsu kola* [online]. Brno, 2008. 66 s. Disertační práce. VUT Brno. Dostupné z WWW: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=767 .
- [5] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání, Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.
- [6] BEDROŠ, Jaroslav; BERÁNEK, Karel. *Diagnostika silničních motorových vozidel*. 1. vydání. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1985. 184 s.
- [7] LÁNIK, Ondřej. *AUTO CZ* [online]. 2004 [cit. 2011-01-13]. CDC: aktivní tlumiče letos našly cestu do běžných aut. Dostupné z WWW: <<http://www.auto.cz/cdc-aktivni-tlumice-letos-nasly-cestu-do-beznych-aut-16717>>.
- [8] GROSSER, Norbert; TERMER, Petr. *Systém kontroly účinku tlumičů pérování ve stanicích STK* [online]. Praha : Dekra automobil a.s., 2010-01-29 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <www.mdcv-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/12899.aspx>.
- [9] GREPLOVÁ, Kristýna. *Virtuální model dokmitového testu závěsu kola* [online]. Brno, 2007. 68 s. Diplomová práce. VUT Brno. Dostupné z WWW: <http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=879>.

- [10] *SDT 2000/U M-TRONIC tester* [online]. 2010 [cit. 2010-11-10]. AutoMajster. Dostupné z WWW: <http://www.sklep.automajster.pl/?254,pl_sdt-2000-u-m-tronic-tester-amortyzatorow>.
- [11] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2000. 434 s. ISBN 80-238-5273-6.
- [12] *Suspension tester FWT 3800* [online]. 2009-09 [cit. 2011-01-23]. Cartec. Dostupné z WWW: <<http://cartec.snaponequipment.eu/section/768>>.
- [13] *Affordable E-5 Pneumatic Shock Dyno* [online]. 2011 [cit. 2011-01-23]. CTS. Dostupné z WWW: <<https://www.circletracksupply.com/Affordable-E-5-Pneumatic-Shock-Dyno.html>>.
- [14] *Allproducts.com : Chun Yen Testing Machines Co., Ltd.* [online]. 2010 [cit. 2011-01-23]. Micro-Computer Shock Absorber Attenuation Tester. Dostupné z WWW: <<http://www.allproducts.com/machine/chunyen/Product-2005714221714.html>>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 01 – Výsledný protokol z měření na testeru BOSCH SDL 210

Příloha č. 02 – Výsledný protokol z měření na testeru SACHS EFD 200

SDL 210 SERVICE DIAGNOSTIC LINE

Software-Version V0.99

Marke:
Model:
Licence date num.:
Registration date:
Mileage:

Date: 08.03.2011

Time: 13.28.46

Result Eusama Test:

Axle: 1

		left	right	total
Eusama:	%	71	69	
Difference:	%			8
Weight:	kg	340	329	669

Axle: 2

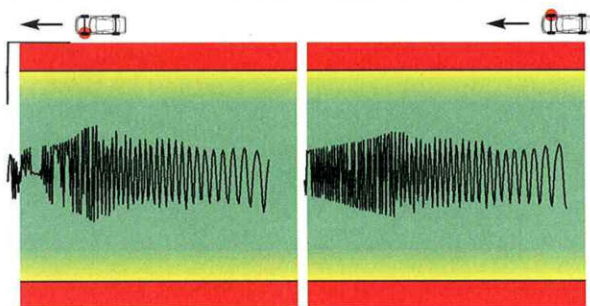
		left	right	total
Eusama:	%	52	40	
Difference:	%			23
Weight:	kg	225	212	437

Total weight: kg 1106

TEST TLUMIČŮ

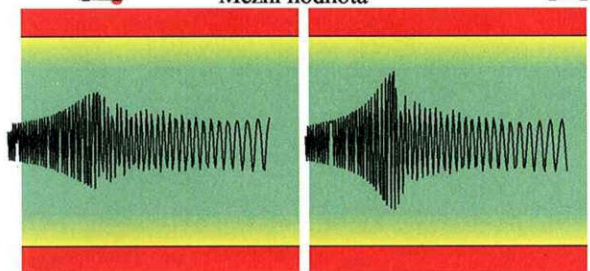


Příjmení	Výrobce	Škoda
Ulice	Typ	Fabie
PSČ/místo	Rok výroby	2000
	Datum	11.03.2011
Čís. zákaz.	km - stav	92000
	Poznávací značka	



Tlumicí výkon Vašeho podvozku na PN je v pořádku.

Naměřená hodnota 25 54 22 Naměřená hodnota
Mezní hodnota



Levý a pravý tlumič na ZN se vzájemně významně liší ve výkonu tlumení.
Porad'te se s Vaší dílnou!
Pro maximální požadavky na bezpečnost doporučujeme tlumiče značky SACHS.

Naměřená hodnota 32 67 45 Naměřená hodnota
Mezní hodnota

Ke zjištění dalších možných náznaek opotřebení nechte provést vizuální kontrolu!

Výsledky vizuální kontroly



TK



KVP

Ostatní