

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



Diplomová práce

Diagnostika brzd na válcové zkušebně

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Lukáš Babič

2017 Praha

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Babič

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Diagnostika brzd na válcové zkušebně

Název anglicky

Diagnostics of brakes on roller tester

Cíle práce

Cílem diplomové práce je popsat funkci systémů brzd u automobilů se zaměřením na jejich diagnostiku a především na měření náběhu brzdného účinku sledovaného při dynamickém měření.

Metodika

- 1) Úvod
- 2) Rozbor současného stavu (popis systémů brzd, popis brzdových asistentů, požadavky silničních vozidel na systém brzd, diagnostika brzd)
- 3) Cíl práce
- 4) Metodika práce
- 5) Výsledky (analýza měřených dat, návrh metodiky stanovení doby náběhu brzd, ověření metodiky)
- 6) Závěr

Doporučený rozsah práce

50-60

Klíčová slova

system brzd, náběh brzd, diagnostika

Doporučené zdroje informací

MITCHELL, C D. – HALDERMAN, J D. *Automotive brake systems*. Upper Saddle River, New Jersey: b Pearson/Prentice Hall, 2004. ISBN 978-0131142077.

Periododika, normy a firemní literatura

PEXA, Martin. Možnosti uplatnění dynamických měření při diagnostice motorových vozidel. 2005. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

VLK, F.: Podvozky motorových vozidel. Nakl. Vlk, Brno,, 2003, ISBN 80-238-0025-0.

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

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 4. 1. 2016

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 02. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Diagnostika brzd na válcové zkušebně" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D. za jeho věcné připomínky, pomoc a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Diagnostika brzd na válcové zkušebně

Diagnostics of brakes on roller tester

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá problematikou vozidlových brzd a jejich diagnostikou. V úvodní části je popsána teorie brzdění a požadavky na brzdy plynoucí z norem a předpisů. Dále je uvedeno základní rozdělení a nejpoužívanější typy brzd používaných u osobních vozidel včetně jejich konstrukce. Další část práce je vyhrazena problematice diagnostiky a měření brzd. V této kapitole jsou popsány základní metody používané v diagnostice brzdových systémů.

V poslední části je popis provedeného měření se zaměřením na stanovení doby náběhu brzd na válcové zkušebně České zemědělské univerzity v Praze.

Klíčová slova: systém brzd, náběh brzd, diagnostika

Summary

This diploma thesis focuses on problematic of vehicle braking and its diagnostics. The introductory part describes the theory of braking and requirements of standards and regulations for vehicle braking systems. The part, also contain a basic distribution and description of the most common types of brakes used on passenger vehicles, including their construction. Next part is reserved for issues of diagnosis and measurement of brakes. This chapter describes the basic methods used in the diagnosis of brake systems.

The last part contains description of the performed measurement with a focus on start of braking force on the roller tester of Czech university of life sciences in Prague.

Keywords: brake system, start of braking force, diagnostics

OBSAH

Úvod.....	1
1. Rozbor současného stavu.....	2
1.1 Teorie brzdění	3
1.2 Brzdná dráha a dráha k zastavení vozidla	4
1.3 Rozdělení brzd	7
1.3.1 Bubnové brzdy	8
1.3.2 Kotoučové brzdy.....	12
1.4 Brzdová kapalina.....	14
1.5 Brzdoví asistenti.....	15
1.5.1 Systém rozdělování brzdných sil	15
1.5.2 Protiblokovací systém ABS	15
1.5.3 Protiprokluzový systém ASR.....	16
1.5.4 Elektronický stabilizační program ESP	16
1.5.5 Brzdový asistent BAS	17
1.5.6 Asistenti při jízdě po svahu HHC HSA HDC.....	17
1.5.7 Electronic brake prefill EBP	18
1.5.8 Rain brake support RBS	18
1.6 Budoucnost brzdění.....	18
1.7 Diagnostika a měření vozidlových brzd.....	19
1.7.1 Pedometr	20
1.7.2 Decelometry a decelografy	21
1.7.3 Vlečné kolo	21
1.7.4 Optické přístroje	22
1.7.5 Měření s pomocí GPS zařízení	22
1.7.6 Plošinové zkušebny brzd	22
1.8 Válcové zkušebny	24
1.8.1 Pomaloběžné válcové zkušebny	24
1.8.2 Rychloběžné válcové zkušebny	28

2.	Cíl.....	30
3.	Metodika	31
3.1	Zkoušené vozidlo	31
3.1.1	Brzdy zkoušeného vozidla	32
3.1.2	Podtlakový posilovač brzdného účinku	34
3.2	Experimentální zkušebna ČZU	35
3.2.1	Elektromotor	35
3.2.2	Inkrementální snímač.....	36
3.2.3	Měřicí jednotka	36
3.2.4	Frekvenční měniče	36
4.	Zpracování výsledků.....	37
4.1	Analýza náběhu brzdné síly při dynamickém měření	41
4.1.1	Snímací frekvence 50 ms	41
4.1.2	Snímací frekvence 10 ms	46
4.1.3	Snímací frekvence 0,5 ms	48
4.2	Analýza průběhu dynamicky měřené brzdné síly	50
4.2.1	Maximální brzdná síla	50
4.2.2	Souměrnost brzdění	51
4.3	Návrh úpravy měřícího cyklu pro zjištění náběhu brzdění	53
5.	Závěr	54
6.	Seznam použité literatury	56
7.	Seznam použitých zkratk	59
8.	Seznam obrázků a tabulek	60

ÚVOD

V dnešní době je silniční doprava považována za nedílnou součást lidské společnosti. Pro stále zvyšující se poptávku po přepravě je neustále budována nová silniční infrastruktura a s ní rostoucí počet vozidel. Vzhledem k tomuto nárůstu jsou neustále zvyšovány nároky na rychlost, ekologičnost, ekonomiku a v neposlední řadě i na bezpečnost tohoto způsobu přepravy.

Jednou z nejdůležitější části vozidel je jejich brzdová soustava, která má přímý vliv na bezpečnost. Správný a bezporuchový stav brzdové soustavy je elementárním předpokladem pro bezpečný provoz vozidla. Stále častěji se setkáváme s celou řadou brzdových asistentů, kteří pomáhají řidiči při brzdění v krizových situacích, ale i mimo ně. Vývoj se dnes ubírá směrem k autonomním brzdovým systémům, kdy vozidlo rozpozná překážku či bezpečný odstup a podle toho reguluje tlak v brzdovém systému. Všechny tyto systémy, ale nemohou fungovat bez správně fungujících brzd a jejich ovládání.

Pro zajištění těchto předpokladů je zapotřebí kontrola a zabezpečení správného fungování brzdového systému. K tomu slouží celá řada diagnostických postupů a procedur.

Jednou z těchto metod měření brzdových soustav je zkoušení na pomaloběžné válcové zkušebně. Díky tomuto diagnostickému prvku jsme schopni změřit průběh brzdění, brzdnou sílu na obvodě kola, zpomalení pro kontrolu, zda brzdná soustava splňuje požadavky dané příslušnou normou či vyhláškou.

V této práci je pomocí válcové zkušebny zjištěn základní stav brzdové soustavy. Především je záměrem zjištění doby náběhu brzdné síly.

1. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

„Brzdovým systémem se rozumí soubor částí, jejichž funkcí je postupné zmenšování rychlosti jedoucího vozidla, nebo jeho zastavení, nebo jeho udržení v nehybném stavu, jestliže je již zastaveno. Zařízení se skládá z ovládacího orgánu (ovladače), z převodu brzdy a z vlastní brzdy. Brzdou se rozumí konstrukční část, kde se vyvíjejí síly, které kladou odpor pohybu vozidla.“ [1]

Rozeznávají se čtyři druhy brzdění podle využití brzd a jejich účinku:

Provozní brzdová soustava slouží ke snižování rychlosti vozidla, případně až do úplného zastavení. Brzdění musí být umožněno ve všech rozmezích zatížení a rychlostí a při sklonu vozovky, který se může vyskytnout při provozu vozidla. Provozní brzdění musí být možné regulovat a ovládat ze sedadla řidiče bez nutnosti sejmout ruce z ovládání vozidla.

Nouzová brzdová soustava musí při poruše provozní brzdové soustavy umožnit zastavit vozidlo a musí být odstupňovatelná. Pro ovládání této soustavy může řidič využít jednu svou ruku, přičemž druhá zůstává na ovládacím zařízení vozu.

Parkovací brzdová soustava slouží k udržení vozidla v klidu a to i při sklonu vozovky a za nepřítomnosti řidiče.

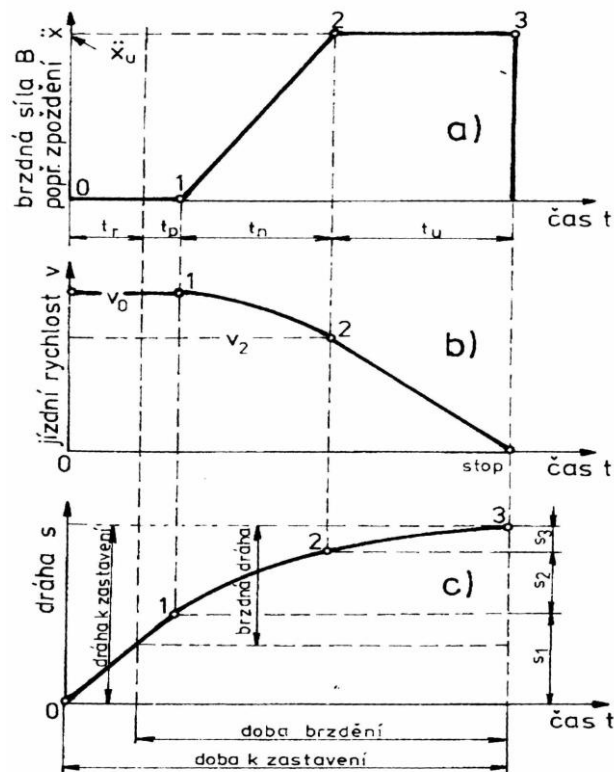
Zpomalovací brzdová soustava nemá za úkol vozidlo zastavit, ale pouze zpomalit. Využívá se zejména pro potřeby sjíždění dlouhých svahů. [1][2]

Brzda může být třecí, jestliže brzdné síly vznikají třením dvou navzájem se pohybujících částí vozidla. Dalším typem jsou elektrické brzdy, kdy brzdná síla je vyvolávána elektromagnetickým účinkem mezi dvěma navzájem se pohybujícími částmi vozidla, které se ale vzájemně nestýkají. Hydrodynamická brzda vyvolává brzdnou sílu za pomoci kapaliny. Motorovou brzdou se brzdí pomocí brzdného účinku vyvolaného motorem, kdy se tento brzdný účinek přenáší na kola vozidla.

1.1 Teorie brzdění

Průběh brzdění vozidel je možno popisovat pomocí grafického znázornění (*Obr. 1*) průběhu brzděného zpomalení nebo brzděné síly b v závislosti na čase nebo dráze. Průběh brzdění se skládá z několika na sebe navazujících částí, kde každá část má svůj charakteristický vliv na celkový průběh brzdění.

Obr. 1 Průběh brzdění



Zdroj:[3]

Proces brzdění začíná tím, že řidič zpozoruje překážku nebo se rozhodne zastavit či zpomalit vozidlo. Čas, než řidič zareaguje a začne vyvíjet sílu na ovládací člen brzdy, se nazývá reakční dobou řidiče. Na tuto dobu může mít vliv velké množství faktorů, mezi které se řadí například únava, povětrnostní podmínky, viditelnost, požití alkoholu, fyzická vybavenost řidiče a mnoho dalších. Rozdíly v reakční době lze vidět v (*Tabulka 1*). [4]

Tabulka 1 Reakční doba řidiče

Stav řidiče	Reakční doba
Pozorný, soustředěný	0,6 – 0,8 s
Pozorný, nebezpečí nečeká	0,7 – 0,9 s
Soustředěný na jinou činnost	1,0 – 1,2 s
Nepozorný (bavení)	1,4 – 1,8 s
Indisponovaný	1,6 – 2,4 s

Zdroj: [5]

V momentě, kdy řidič začne působit na brzdový pedál, se bude projevovat prodleva brzdění t_p . Tato doba zahrnuje překonání vůle v kloubech a ložiskách a dobu, než na sebe dolehnou třecí plochy brzd. Z (Obr. 1) lze vyčíst, že během doby reakce řidiče a doby prodlevy brzd je rychlost vozidla stejná a nedochází tedy k brzdění vozidla.

Od chvíle, kdy se začne projevovat účinek brzdění (bod 1) do okamžiku plného účinku brzd (bod 2), uplyne doba náběhu brzdění. Od bodu 2 do bodu 3 se nachází doba plného brzdění, kdy zpomalení vozidla je již konstantní až do zastavení vozidla. [3][6]

1.2 Brzdná dráha a dráha k zastavení vozidla

Celková brzdná dráha vozidla se skládá z dílčích úseků, jež byly popsány výše ovšem bez doby reakce řidiče. Dráha k zastavení vozidla je složena ze všech úseků včetně doby před zahájením brzdění. Tyto jednotlivé úseky jsou charakterizovány počáteční rychlostí, průběhem brzdného zpomalení a jejich délkou.

Výslednou délku dráhy k zastavení vozidla lze napsat rovnicí:

$$S_B = S_0 + S_1 + S_2 + S_3 \quad (1-1)$$

S_B – výsledná dráha do zastavení vozidla

S_0 – dráha během reakční doby řidiče

S_1 – dráha během prodlevy brzd

S_2 – dráha během náběhu brzd

S_3 – dráha během plného účinku brzd

Vyjádřením jednotlivých úseků se získá několik rovnic popisujících celý průběh brzdění.

Jak již bylo zmíněno, rychlost vozidla během reakční doby řidiče a během prodlevy brzd se nemění. Dráhu ujetou v těchto úsecích lze tedy vyjádřit rovnicí:

$$S_0 = v_0 t_r \quad (1-2)$$

$$S_1 = v_0 t_p \quad (1-3)$$

S_0 – dráha během reakční doby řidiče

S_1 – dráha během prodlevy brzd

v_0 – počáteční rychlost

t_r – reakční doba řidiče

t_p – prodleva brzd

Zrychlení v časovém úseku náběhu brzd je záporné. Brzdná dráha během této doby se vypočítá z rovnice:

$$s_2 = \int_0^{t_n} v_{23} dt = v_0 t_n - \frac{a}{2} t_n^2 \quad (1-3)$$

S_2 – dráha ujetá během náběhu brzd

t_n – doba náběhu brzd

v_{23} – rychlost během náběhu brzd

v_0 – počáteční rychlost

a – brzdné zpomalení

Pro zjednodušený výpočet se průběh náběhu brzd linearizuje. Zpomalení se zvětšuje konstantním tempem.

$$s_2 = \frac{t_n}{2} * v_0 \quad (1-4)$$

S_2 – dráha ujetá během náběhu brzd

t_n – doba náběhu brzd

v_0 – počáteční rychlost

Během plného brzdění vozidla se brzdné zpomalení již nemění. Jedná se tedy o rovnoměrně zpomalený pohyb.

Do hodnoty brzdné dráhy se nezapočítává doba reakce řidiče. Jedná se o výslednou hodnotu, která tedy nezahrnuje schopnosti a stav řidiče, ale dává údaj jen o schopnostech vozidla za daných podmínek.

Každé vozidlo, které je schváleno k provozu na veřejných komunikacích musí splňovat zákonné požadavky na jejich funkci. Mezinárodní předpis Evropské Hospodářské komise č.13 a český národní předpis č. 56/2001 Sb. se zabývají i hodnotou přípustné brzdné dráhy pro různé druhy vozidel. V případě osobních vozidel je rovnice pro výpočet brzdné dráhy dána vztahem: [4]

$$s = 0,1v_0 + \frac{v_0^2}{150} \quad (1-5)$$

S – brzdná dráha

v_0 – počáteční rychlost

V_0 je hodnota počáteční rychlosti, která je pro osobní automobily stanovena na 80 km/h. Po dosazení do (2-6) je výsledkem maximální přípustná brzdná dráha 50,7 m. Další požadavky podle EHK 13 jsou uvedeny v (*Obr. 2*). [3]

Obr. 2 Zkoušení nouzového brzdění podle EHK 13

Kategorie vozidel		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃
Typ zkoušky		0, I	0, I	0,I,II	0, I	0, I	0,I,II
Zkouška typu 0 s odpojeným motorem	v _j	80	60	60	80	60	60
	s ≤	0,1v+v ² /150	0,15v+v ² /130				
	s _j	50,7	36,7	36,7	61,2	36,7	36,7
	a _{stř} ≥	5,8	5,0				
Zkouška typu 0 se zapojeným motorem	v=0,8 _{max} , a _{le} ≥	160	100	90	120	100	90
	s ≤	0,1v+v ² /130	0,15v+v ² /103,5				
	s _j	212,9	111,6	91,8	157,1	111,6	91,8
	a _{stř} ≥	5,0	4,0				
	F ≤	50	70				
Parkovací brzdění musí zabránit protáčení kol na svahu nejméně [v %]		30	18- samotné vozidlo 12- souprava				

Zdroj: [1]

1.3 Rozdělení brzd

Rozdělení podle způsobu přenosu ovládací síly:

- Přímochonné brzdové ústrojí, kde je použita jen svalová síla vyvinutá řidičem.
 - Obsahující mechanický převod síly.
 - Obsahující hydraulický převod síly.
- Polostrojní brzdové ústrojí využívá sílu řidiče a další zdroj energie pomocí zvláštního ústrojí. Například posilovače brzd.
 - Hydraulické, ke zvýšení ovládací síly je využívají tlaku kapaliny z jiného zdroje.
 - Pneumatické využívají přetlak nebo podtlak vzduchu.
- Strojní brzdové ústrojí využívá zdroj energie jiný než svalovou sílu řidiče.
 - Hydraulické
 - Pneumatické [7][8]

Přímočinná mechanická brzdová soustava je charakteristická tím, že velikost brzdné síly je přímo a jen závislá na síle vyvinuté řidičem na ovládací mechanismu brzdové soustavy. Tato síla je dále přenesena hydraulickými či mechanickými převody. Dnes se tyto brzdy využívají jen jako pomocné ruční brzdy případně jako provozní brzdy motocyklů. Jejich postupné nahrazování jinými druhy (především kapalinovými brzdami) bylo zapříčiněno jejich nespolehlivostí, složitostí celého systému a omezením velikosti celkového převodu soustavy. [7]

Rozdělení podle pracovního prostředí:

- mokré,
- suché.

Rozdělení podle konstrukce brzd:

- bubnové,
- kotoučové,
- lamelové.

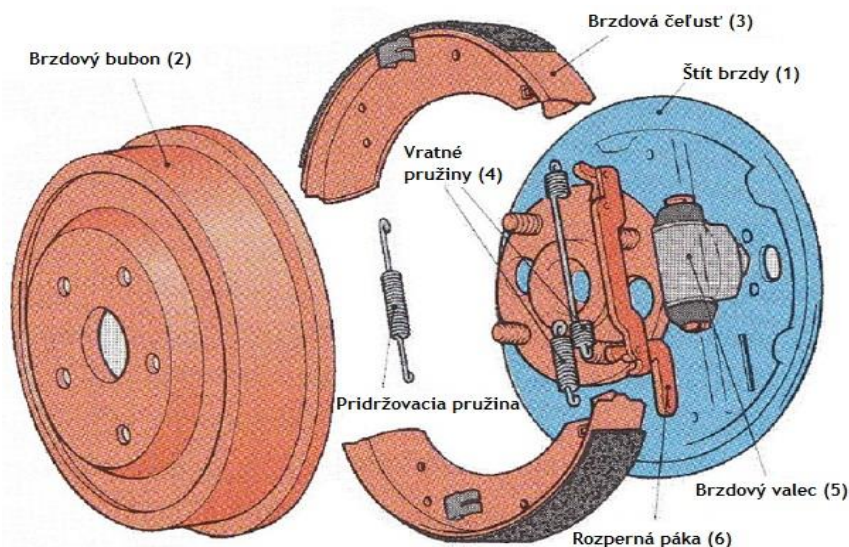
1.3.1 Bubnové brzdy

Bubnové brzdy se řadí mezi brzdy třecí s vnitřními brzdovými čelistmi. Konstrukce bubnových brzd je využívána již od 20. století a nyní je stále častěji nahrazují jiné druhy brzd (především kotoučové). Využívají se převážně na zadních nápravách osobních automobilů, ale i nákladních vozů, obzvláště v zemědělství a u vozidel pracujících v těžkých podmínkách vzhledem k odolnosti bubnových brzd k pronikání nečistot.

Konstrukce a princip

Brzdový buben (*Obr. 3*) rotuje společně s kolem vozu. Brzdové čelisti jsou uloženy na štítu brzdy, který je pevně spojen s nápravou vozu, čímž je zajištěna jeho statická poloha vůči kolům. Rozpěrným zařízením se oddalují čelisti a dochází ke styku následovanému třením mezi obložením, které se nachází na čelistech, a bubnem. Rozpěrná síla může být vyvolána hydraulicky kolovým brzdovým válečkem nebo brzdovým klíčem parkovací brzdy. [6]

Obr. 3 Bubnová brzda

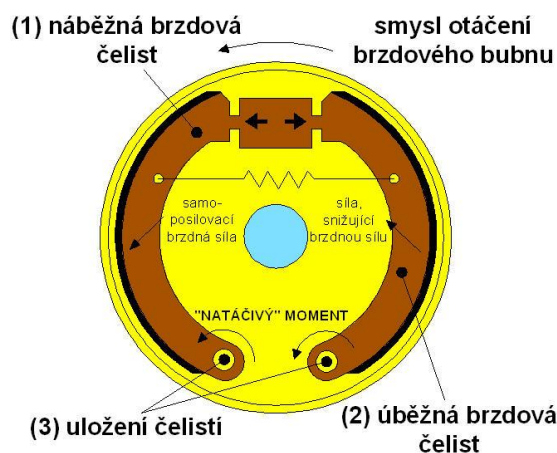


Zdroj: [7]

Brzda jednonáběžná Simplex

Tento typ bubnové brzdy obsahuje jedno rozpěrné zařízení a dvě čelisti (Obr. 4). Jedna čelist je náběžná a druhá čelist úběžná. Společným rozpěrným zařízením může být dvoupístkový brzdový váleček, rozpěrný klín, páka nebo brzdová vačka. Každá čelist má svůj otočný čep z jedné strany a z druhé opěrnou plochu. Vzhledem k souměrnosti tohoto typu brzdy dochází ke stejnoměrnému účinku brzdy při jízdě vpřed i vzad. Velkou nevýhodou je však nerovnoměrné opotřebení obložení čelistí, které je vždy větší na náběžné hraně.

Obr. 4 Schéma bubnové brzdy



Zdroj:[5]

Duplex

Bubnová brzda typu duplex má dvě rozpěrná zařízení a dvě čelisti. Každá čelist má tudíž své rozpěrné zařízení a obě čelisti mohou být náběžné. Nejčastěji se používají jednopístkové válečky, kdy váleček tvoří zároveň opěrku pro druhou čelist. Vzhledem k tomu, že jsou obě čelisti při jízdě vpřed náběžné, jsou při jízdě vzad úběžné. Z tohoto důvodu má brzda tohoto typu větší účinek při jízdě vpřed v porovnání s jízdou vzad.

Duo duplex

Využívá dva dvoupístkové brzdové válečky čímž je zabezpečeno, že brzda bude mít stejný účinek při jízdě vpřed i vzad.

Brzda typu Servo

Jedná se o brzdu se spřaženými čelistmi. Zde jsou čelisti propojeny tak, že na sebe působí navzájem. Při jízdě vpřed působí obě čelisti jako náběžné, při jízdě vzad jako úběžné. [6]

Brzda typu Duo-servo

Brzda Duo-servo, dvounáběžná obousměrná se spřaženými čelistmi, obsahuje lankem ovládané rozpěrné zařízení, např. v podobě rozpěrného klíče. Brzda vyžaduje pouze malou ovládací sílu a při obou směrech jízdy má stejný brzdový účinek. Je to dáno především tím, že jsou čelisti spojeny pohyblivou opěrkou a čelisti pracují v obou směrech

otáčení bubnu jako náběžné. Nevýhodou je velké snižování účinnosti s nečistotami a vlhkostí. Nejčastější užití tohoto typu brzd je jako parkovací, v tom případě se jako rozpěrné zařízení používá brzdový klíč ovládaný lankem. [7]

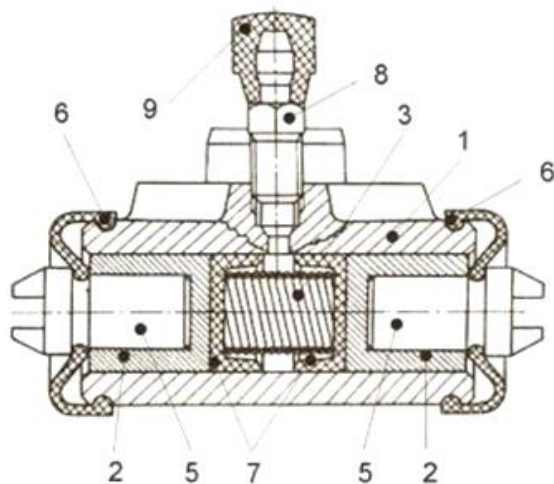
Brzdové čelisti jsou vyrobeny nejčastěji z lehkých slitin nebo z ocelových plechů. Na jednom z konců se nejčastěji nachází výřez pro uchycení brzdového válečku, přičemž druhý konec je uložen otočně na čepu nebo se opírá svou oválnou plochou o pevnou opěrku. Druhý případ uložení je vhodnější z důvodu, že se čelisti samy vystředují a obložení se opotřebovává rovnoměrněji.

Neustálým třením dochází k opotřebování brzdového obložení a dochází ke zvětšování vůle mezi bubnem a třecí plochou obložení. Zvětšováním vůle dochází k prodloužení technické prodlevy brzd. To má za následek prodloužení doby brzdění a prodloužení dráhy před tím, než začne vozidlo brzdit. Tento nežádoucí efekt se eliminuje seřízením této vůle a to buď ručně, nebo pomocí samočinného zařízení umístěného uvnitř brzd.

Brzdový buben musí být vyroben s vysokou odolností proti otěru s dobrou stálostí proti rozměrové deformaci a je nutné, aby dobře odváděl přebytečné teplo. Vzhledem k tomu že celý buben rotuje, je nezbytné jeho vyvážení tak, aby nedocházelo k házení a vibracím. Základním materiálem jsou nejčastěji litiny a to šedá nebo temperovaná případně i slitiny lehkých kovů.

Brzdový váleček (*Obr. 5*) se používá jako jednopístkový či dvoupístkový podle konkrétního využití. Tlak vzniklý v hlavním válci se pomocí brzdové kapaliny dostane na pístky ve válečku. Tento tlak vytvoří rozpěrnou sílu pro rozevření čelistí a následuje přitlačení obložení čelistí a bubnu. Utěsnění pístků zabezpečují pryžové těsnící kroužky v drážce pístků nebo pryžové manžety na čelech pístků.

Obr. 5 Brzdový váleček



- 1) Brzdový váleček
- 2) Pístek
- 3) Pružina
- 4) Těsnící kroužek (manžeta)
- 5) Tlačítko
- 6) Protiprachová manžeta
- 7) Hrníčková manžeta
- 8) Odvzdušňovací ventil
- 9) Ochranná pryžová čepička

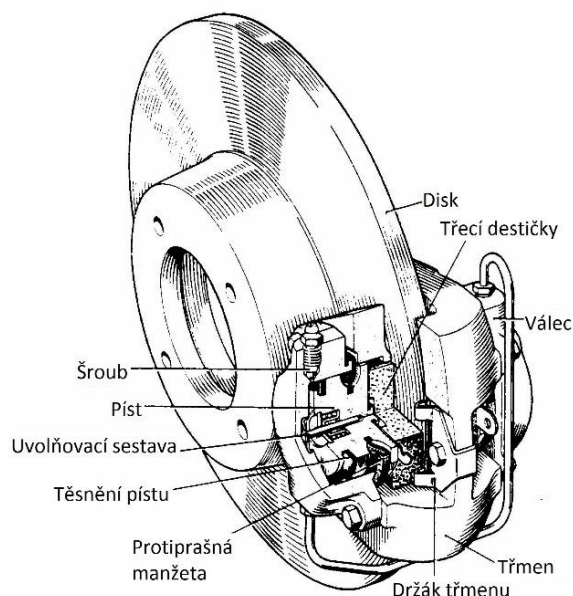
Zdroj: [6]

1.3.2 Kotoučové brzdy

Druhým nejčastěji používaným druhem brzd je brzda kotoučová (Obr. 6). Ve srovnání s bubnovou se tento druh brzd vyznačuje jednodušší konstrukcí a tím i jednodušší údržbou, jednoduchou výměnou brzdových destiček a dobrým odváděním vzniklého tepla.

Tento typ brzd je založen na principu otáčení brzdného elementu, kterým je v tomto případě brzdový kotouč, jehož boky tvoří třecí plochy. Brzda se uvede do chodu pomocí ovládacího zařízení, které vyvolá přitlačnou sílu třecí plochy desky s třecím obložením. Brzdný účinek u kotoučových brzd nezáleží na smyslu otáčení. Kotoučové brzdy jsou vybaveny zařízením na automatické nastavení vůle mezi obložením a kotoučem. Vlivem větších měrných tlaků dochází k rychlejšímu zvětšování vůle ve srovnání s bubnovými brzdami a zároveň dochází k rychlejšímu opotřebení brzdového obložení. Výměna brzdového obložení a jeho kontrola je však poměrně jednoduchá. Podle konstrukce se kotoučové brzdy dělí na brzdy s plovoucím třmenem a na brzdy s pevným třmenem. [3]

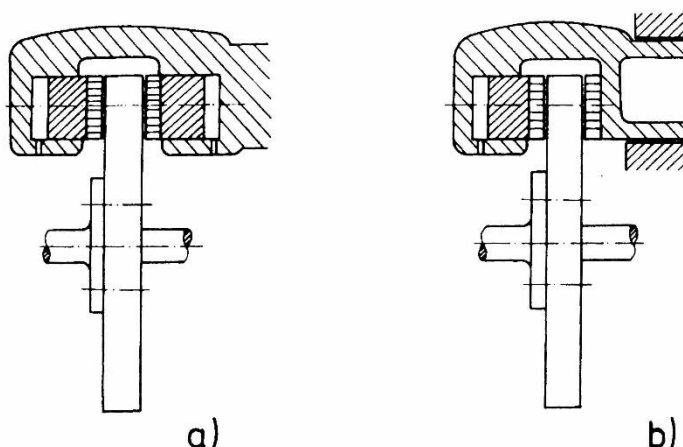
Obr. 6 Kotoučová brzda



Zdroj:[9]

Kotoučová brzda s volným třmenem (Obr. 7 a) využívá hydraulický válec na jedné straně kotouče. Třmen je v tomto případě uložen posuvně v pevném držáku. Ovládací síla hydraulického válce je totožná s třecí silou desky na druhé straně kotouče. Uložení s plovoucím třmenem je využívanější variantou kotoučových brzd, a to především z důvodů, že brzdovou kapalinou je vyplněný pouze jeden prostor. Tento prostor je zároveň během jízdy dobře ochlazován proudícím vzduchem a nevznikají v kapalině bubliny vlivem přehřátí. Při tomto uložení lze brzdy vysunout směrem ven a tím je umožněno využít větší negativní poloměr rejdu. [3][6]

Obr. 7 Kotoučová brzda a) s volným třmenem b) s pevným třmenem



Zdroj: [3]

Kotoučové brzdy s pevným třmenem (Obr. 7 b) se konstruují jako dvoupístkové či čtyřpístkové. Třmen brzdy obepíná brzdový kotouč a skládá se z víka a přírubové skříně a tyto dvě části jsou k sobě pevně přišroubovány. Obě části obsahují brzdící válečky, ve kterých jsou umístěny brzdové pístky. Tyto válečky jsou spojeny brzdovým potrubím či kanálky. Při brzdění jsou stlačovány kapalinou brzdové pístky proti brzdovému obložení.

1.4 Brzdová kapalina

Brzdová kapalina je nedílnou součástí všech hydraulických brzd. Její kvalita má také zásadní vliv na brzdné schopnosti vozidla a její kontrola by neměla být zanedbávána. Hlavním úkolem brzdové kapaliny je přenášet brzdnu sílu od hlavního brzdového válce k brzdovým pístkům brzd jednotlivých kol. Brzdová kapalina také maže a chrání brzdový systém před korozi. Nejdůležitějšími parametry brzdové kapaliny jsou její viskozita a bod varu, který by měl být co nejvyšší. Bod varu je důležitý především s ohledem na to, že při varu vznikají parní bubliny. Tyto bubliny jsou na rozdíl od brzdové kapaliny stlačitelné což má za následek snížení brzdného účinku a prodloužení náběhu brzdného účinku. Stejný účinek má i zavzdušnění brzdového systému. [10]

Většina dnes užívaných brzdových kapalin je založena na glykolové bázi a tyto kapaliny jsou hygroskopické. To znamená, že tyto kapaliny vstřebávají vlhkost z okolí.

Voda snižuje bod varu brzdové kapaliny. Z tohoto důvodu je velmi důležitá těsnost celého systému, aby nedocházelo k pronikání vody do brzdové kapaliny. Dnešní automobily jsou opatřeny celou řadou brzdových systémů (ABS, ASR, ESP atd.). Tato zařízení jsou často náchylná na kvalitu brzdové kapaliny a to především na její viskozitu. Voda v brzdové soustavě nejen způsobuje větší opotřebení hydraulických částí a korozi, ale také snižuje viskozitu brzdové kapaliny, čímž může dojít k selhání celého systému při kritických situacích. [10]

1.5 Brzdoví asistenti

Brzdová soustava moderních vozidel je stále častěji vybavena celou řadou pomocných systémů. Tyto systémy se velkou měrou podílejí na eliminaci chyb vzniklých lidským faktorem a zvyšují bezpečnost provozu. Některé systémy se podílejí na zlepšení ovladatelnosti a bezpečnosti takovou měrou, že byly zahrnuty do předpisů pro homologaci vozidel a každé nové vozidlo jimi musí být vybaveno. Jedná se například o systémy proti zablokování kol při brzdění ABS a systém elektronické stability ESP.

1.5.1 Systém rozdělování brzdných sil

Vzhledem k rozložení hmotnosti vozidla je zapotřebí rozdělit brzdný účinek mezi přední a zadní nápravu. K tomu slouží systém elektronického rozdělování brzdné síly EBD nebo někdy též označováno jako EBV. Díky optimálnímu rozložení brzdného účinku mezi nápravy, nedochází k blokování zadních kol a zvyšuje se celkový brzdný účinek. Systém EBD dokáže zjistit aktuální rozložení hmotnosti a tomu přizpůsobit brzdný účinek i na jednotlivá kola. [11][12]

1.5.2 Protiblokovací systém ABS

Jízdní stabilita a dobrá ovladatelnost vozidla v kritických situacích je hlavním předpokladem dostatečné aktivní bezpečnosti vozidla, stejně jako brzdné vlastnosti vozidla. Vzhledem k omezené velikosti adhezních sil, je nutno tuto přilnavost rozumně rozdělit mezi brzdění a zatáčení. Systém ABS zaručuje ovladatelnost vozidla i při plném sešlápnutí brzdového pedálu, a to pomocí povolení brzd na zablokovaném kole. Tím

dochází k odvalování kola po vozovce, jelikož zablokované kolo nepřenáší boční sílu potřebnou k zatočení. [11][13]

Pro fungování systému ABS je zapotřebí několika prvky rozšířit základní brzdovou soustavu. Celý systém je složen ze snímače otáček, regulačního ventilu brzd a řídicí jednotky. Na každém kole je snímáno počet otáčení za pomoci indukčního snímače. V případě zablokování kol řídicí jednotka vyhodnotí situaci a za pomoci regulačního ventilu uvolní brzdu daného kola tak, aby došlo k odblokování. [11][13]

1.5.3 Protiprokluzový systém ASR

Systém regulace prokluzu ASR má za úkol zabránit protáčení kol při rychlém rozjezdu nebo zrychlení vozidla. Protáčení kol při rozjezdu má za následek ztrátu stability a ovladatelnosti vozu. Kromě zvýšení aktivní bezpečnosti vozu má tento systém i výhodu ve snížení opotřebení pneumatik vyvolané protáčením kol.

Tento systém využívá ke své funkci regulaci několika možností:

- nastavení škrťací klapky,
- změna okamžiku zážehu,
- potlačení jednotlivých vstřikovacích impulsů,
- regulace prokluzu řízením brzdného momentu. [11][14]

1.5.4 Elektronický stabilizační program ESP

Elektronický stabilizační program je možné brát jako rozšíření systémů ABS a ASR. ESP zvyšuje stabilitu vozidla při průjezdu zatáčkou nebo při náhlém vybočení. V případě, že dojde ke smyku, dokáže systém pomocí cíleného brzdění jednotlivých kol a snížením výkonu vozidlo stabilizovat. Novější systémy druhé generace dokážou ke stabilizaci využít i zásah do řízení vozidla. Tento systém se podílí na aktivní bezpečnosti. [14][15]

Základní informace, které ke své činnosti ESP potřebuje, jsou především kam se pohybuje vozidlo a kam by se vozidlo mělo pohybovat neboli kam chce řidič jet. Pro zjištění těchto informací je využita celá řada senzorů. Patří mezi ně:

- snímač natočení volantu,
- snímač otáček všech kol,
- snímač podélného a příčného zrychlení,
- snímač rotační rychlosti,
- snímač tlaku brzdové kapaliny,
- snímač polohy plynového pedálu. [15]

V případě rozdílu mezi skutečnou dráhou vozidla a požadovanou, vyhodnotí řídicí jednotka nutnost zásahu a celý systém je uveden do provozu. V současné době, přesněji od roku 2014, je tímto systémem vybavené každé nové vozidlo. [14][15]

1.5.5 Brzdový asistent BAS

Tento systém dokáže rozpoznat, kdy řidič nouzově brzdí a v dané situaci vyvine nárazové zvýšení brzdového tlaku v soustavě. Systém monitoruje rychlost a sílu sešlápnutí brzdového pedálu. Z těchto vstupů je vyhodnocena kritická situace a potřeba pro vyvinutí maximálního brzdného účinku i při neúplném sešlápnutí brzdového pedálu. Udává se, že tento brzdový asistent dokáže zkrátit brzdou dráhu o 15–20 %. Způsob snímání a ovládání brzdné soustavy se liší podle typu použitého brzdového asistenta. Princip systému může být elektronický, hydraulický, mechanický, či kombinace již zmíněných. [14]

1.5.6 Asistenti při jízdě po svahu HHC HSA HDC

V případě, že vozidlo stojí na svahu a chce se rozjet, dochází po uvolnění brzdového pedálu k samovolnému pohybu vozidla. Tento nežádoucí jev je zkušený řidič schopný snížit na minimum, případně úplně eliminovat. Brzdoví asistenti dokáží zabránit samovolnému pohybu bez nutnosti zásahu řidiče. Princip fungování těchto asistentů je jednoduchý a spočívá v udržení tlaku v brzdové soustavě i po uvolnění brzdového pedálu po dobu několika sekund.

Při sjíždění z kopce je vozidlo urychlováno gravitační silou. Nežádoucím nadměrnému zrychlení zabraňuje brzdový asistent sjíždění kopce, který dokáže udržet rychlost vozidla v daném rozmezí. [11][16]

1.5.7 Electronic brake prefill EBP

Systém EBP slouží ke zkrácení brzdné dráhy při krizových situacích. V případě rychlého uvolnění plynového pedálu vyhodnotí řídicí jednotka situaci jako možný případ následného nouzového brzdění a automaticky nastaví brzdové obložení blíže ke kotoučům. Tím je dosaženo snížení prodlevy brzd a jejich náběhu při následném brzdění. [17]

1.5.8 Rain brake support RBS

Za nepříznivého počasí, kdy brzdové kotouče jsou pokryty vodou, dochází ke snížení brzdného účinku a prodloužení náběhu brzdného účinku v porovnání se suchými kotouči. K dosažení maximálního účinku se voda nejdříve musí vytlačit z obložení, nebo odpařit. Tomu napomáhá brzdový asistent RBS, který krátkodobě malou silou přitlačí obložení na kotouč a tím dojde k odstranění vodního filmu. Brzdy jsou poté připraveny k použití. Ke své funkci systém využívá informace o zapnutých stěračích a informaci o rychlosti. Tento systém je využit jen při rychlostech nad 70 km/h. [18]

1.6 Budoucnost brzdění

V dnešní době jsou vyvíjeny nové technologie a je kladen důraz na neustálý pokrok ve všech oblastech lidské činnosti. Automobilový průmysl není v tomto ohledu žádnou výjimkou, naopak jsou zde vyvíjeny neustále nové systémy pro podporu řidiče či zcela autonomní systémy. Vývoj automobilových brzd je nyní zaměřen především na zvyšování účinnosti brzd s ohledem na bezpečnost v provozu.

Jednou z poměrně nových technologií v oblasti osobních aut je aerodynamická brzda. Tento způsob je využíván především v letectví, ale nachází už i uplatnění v oblasti sportovních vozů. Princip těchto brzd spočívá ve zvýšení aerodynamického odporu, který se společně s klasickými brzdami podílí na zpomalení či zastavení vozidla. [19]

Dnes se stále častěji mluví také o rekuperaci energie při brzdění vozidla. Nejčastěji je tato technologie zmiňována v oblasti elektromobilů a hybridních pohonů vozidel, kde je nyní již i uplatňována. Jedná se o mechanismus, který zpomalováním vozidla přeměňuje kinetickou energii na elektrickou a ta může být ihned využita nebo nejčastěji ukládána

v akumulátorech, případně jako například u tramvají, přes sběrač dodávaná zpět do elektrické sítě. Hlavní výhodou je využití energie, která by ve formě tepla byla jinak nevyužita. To má za následek snižování spotřeby paliva a snižování opotřebování brzd. [19][20]

Brake by wire neboli technologie brzdění po drátu je tedy systémem elektronicky řízenými brzdami a je dnes intenzivně vyvíjena a vylepšována. Jedná se o systém, kde dochází k nahrazení kapaliny jako média přenosu síly. Celý systém využívá k přenosu elektrický signál za pomoci kabelů. Tento systém přenosu a ovládání je běžně využíván u plynového pedálu či pro ovládání zatáčení vozu, u brzd je nástup této technologie pomalejší. Někdy je tento systém kombinovaný s hydraulickým systémem, kdy je brzdový tlak rozváděn přes hydraulickou jednotku z vysokotlakého zásobníku do kolových brzd. Systém reaguje velmi rychle, neboť ve vysokotlakém zásobníku je brzdová kapalina vždy pod tlakem. [21]

1.7 Diagnostika a měření vozidlových brzd

Vlastnosti brzdové soustavy vozidla mají přímý vliv na aktivní bezpečnost vozidla. Proto je nutné udržovat tuto soustavu v provozuschopném stavu a s potřebnou účinností. Z toho vychází i důvod provádění diagnostiky a zkoušení brzdové soustavy vozidel. Zkoušení a účinek brzdové soustavy jsou stanoveny zákony a vyhláškami, které je pro provoz vozidla na pozemních komunikacích nutné dodržovat.

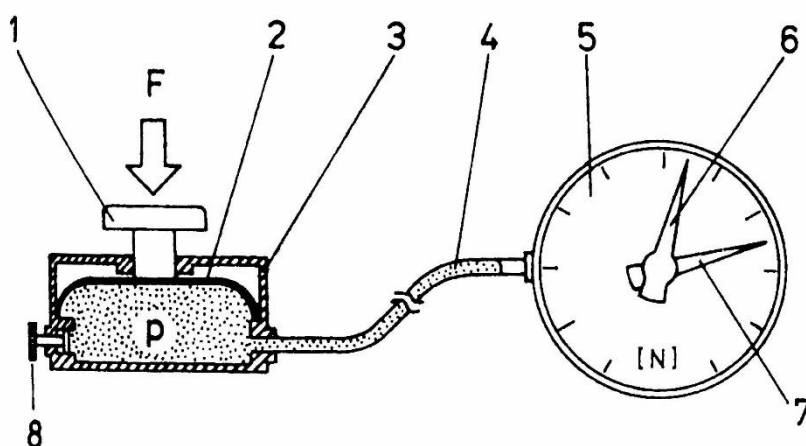
Zkoušky brzdové soustavy se provádějí se zaměřením na brzdový účinek celé soustavy, neboli schopnost vozidla snížit svojí rychlost, udržet rychlost na svahu, zastavit či vozidlo udržet v klidném stavu.

Každé vozidlo musí projít dlouhým homologačním procesem schvalování, při kterém je důkladně testováno ve všech zákonem daných oblastech. Nedílnou součástí je i zkoušení brzdové soustavy. Stejně jako hodnoty, které musí být naměřeny při zkouškách tak i postup a podmínky samotného měření jsou stanoveny zákony.

1.7.1 Pedometr

Během zkoušení brzdové soustavy je někdy nutné změřit i sílu, kterou řidič musí vyvinout na brzdový pedál a tuto sílu porovnat se zpomalením vozidla. K tomuto účelu slouží pedometry, které jsou propojeny s brzdovým pedálem vozidla. Stlačením pedálu dochází ke stlačení membrány a uvnitř pedometru dochází ke zvětšování tlaku, který je měřen ocejchovaným manometrem. [22]

Obr. 8 Schéma pedometru



Zdroj: [22]

Na (Obr. 8) lze vidět schéma hydraulického snímače ovládací síly na pedál neboli pedometru. Celý přístroj není nijak složitý a skládá se z těchto částí:

- 1) tlačný píst spojený s pedálem vozidla,
- 2) membrána,
- 3) skříň,
- 4) hadice,
- 5) manometr,
- 6) ukazatel okamžité hodnoty,
- 7) vlečný ukazatel ukazující maximální naměřenou hodnotu,
- 8) šroub k nastavení nulové hodnoty.

1.7.2 Decelometry a decelografy

Jedním z nejjednodušších přístrojů k měření účinku brzdné soustavy je decelometr. Tento přístroj je schopen určit jen hodnotu brzdného zpomalení a používá se pro hrubé a orientační měření, které bývá v případě potřeby doplněno ještě jiným druhem měření. Funkce decelometru je založena na pohybu kyvadla, který je závislý na průběhu zbrzdění.

Decelografy jsou oproti decelometrům vybavené registračním zařízením, které přesně zaznamenává na registrační papír naměřené hodnoty. Princip decelografu je založen na pohybu závaží o dané hmotnosti proti pružině. Tento pohyb je úměrný zpomalení a mechanicky se přenáší na zapisovací zařízení. Tyto přístroje bývají také vybaveny přístroji na měření ovládací síly na pedálu.

Hodnoty, které lze vyhodnotit decelografem z výsledného záznamu, nejsou jen největší zpomalení, ale také:

- velikost ovládací síly,
- doba prodlevy brzd,
- doba náběhu brzdění,
- doba plného brzdění,
- doba celkového brzdění,
- střední hodnotu plného brzdného zpomalení.

1.7.3 Vlečné kolo

Mezi dynamické jízdní zkoušky se řadí měření pomocí takzvaného vlečného kola. Toto vlečné kolo je víceúčelovým zařízením, kterým se měří brzdné vlastnosti vozidel. Vlečné kolo je lehkým pátým kolem, zavěšeným za zadní nárazník. U vlečného kola se nemění v závislosti na rychlosti jeho dynamický poloměr. Pomocí elektronických součástí a díky snímači impulsů dokáže toto zařízení snímat rychlost a brzdnou dráhu. Některé typy zařízení dokáží zaznamenat i skluz kola. [2][23]

1.7.4 Optické přístroje

Jedna z nepřesnějších metod pro měření aktuální rychlosti vozidla je za použití optických měřících přístrojů. Jedná se o metodu, která měří rychlost bez prokluzu. Snímač přístroje zachycuje pohyb vozovky pomocí roviny s mřížkou, kterou prochází světelný tok. Světlo je zachycováno čočkou a soustředěno na fotoelektrické čidlo. K měření se dále používá přídavné zařízení, mikropočítač, který počítá brzdnou dráhu a zbrzdění vozidla. [2]

1.7.5 Měření s pomocí GPS zařízení

Přijímače GPS neboli Global Positioning System jsou zařízením, které sleduje polohu za pomoci signálu z družic. Jejich fungování je založeno na komunikaci přijímače na Zemi a s družicí na oběžné dráze pomocí radiových vln. Jedná se o přesné přístroje, které jsou schopny určit okamžitou polohu, ale i rychlost pohybu. Díky schopnosti měřit rychlost je možné je využít i při měření zpomalení vozidla na vozovce při jízdách zkouškách.

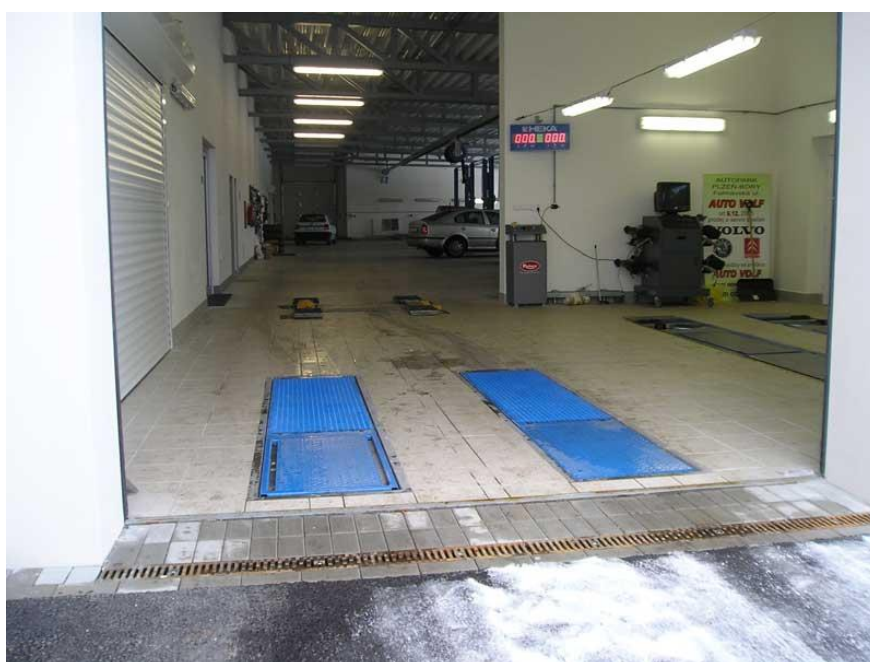
1.7.6 Plošinové zkušební brzd

Plošinové zkušební (*Obr. 9*) slouží k měření brzdných sil a jsou tvořeny dvěma nebo čtyřmi plošinami. Výhodou použití čtyřplošinových zkušeben je ten, že každé kolo má k dispozici vlastní měřící dráhu. Všechny plošiny jsou uloženy pohyblivě v horizontální rovině a pohybují se ve směru jízdy vozidla. Zabrzděním vozidla na plošinách se tyto plošiny uvedou do pohybu a ten je následně změřen za pomoci integrovaných tenzometrů, které převádějí pohyb na elektrický signál. Plošinové zkušební jsou schopné zachytit každou fázi průběhu brzdění vozidla. [22]

Měření na dvouplošinové zkušebně a na čtyřplošinové zkušebně se nepatrně liší. Pokud se provádí měření na dvouplošinové zkušebně je nutné provést minimálně dvě měření a to pro každou nápravu zvlášť. Aby měření bylo co nejprůkaznější, je nutné dodržet stejný ovládací tlak při obou měřeních. Z tohoto důvodu se měření provádí společně s umístěným pedometrem ve vozidle. [22]

U některých plošin je možnost rozšíření o měření sbíhavosti a rozbíhavosti kol. Toto měření se realizuje pomocí umístění další plošiny, která provede měření při přejezdu vozidla. Dále se před samotnou plošinovou zkušebnu umísťuje váha, která změří okamžitou hmotnost vozidla na jednotlivých nápravách, což je nezbytné pro výpočet hodnot zbrzdění. V některých případech je možné i orientačně změřit rozkmitání vozu při brzdění. Plošina, která je stavěna k měření horizontálních sil, ale není pro takovéto měření příliš vhodná. [22]

Obr. 9 Plošinová zkušebna



Zdroj: [24]

Další z předností měření na plošinové zkušebně je skutečnost, že tato metoda měření je dynamická a lze tedy měřit i funkci omezovače brzdné síly na zadní nápravě. To znamená, že při měření dochází u brzděného vozidla k přitížení přední nápravy, a to až o 80 % a zároveň k odlehčení té zadní. K tomuto jevu dochází i při brzdění vozidla v běžném provozu. [22]

1.8 Válcové zkušebny

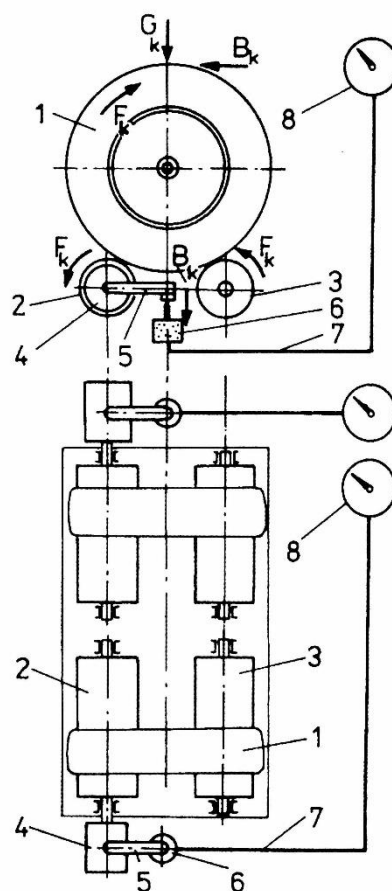
Hlavní rozdíl mezi jízdními zkouškami a měřením na válcových zkušebnách tkví v tom, že při jízdních zkouškách se pohybuje vozidlo po stojící vozovce. Měření na válcových zkušebnách je založeno na stojícím vozidle a simulace pohybu vozovky pomocí válců, na kterých stojí vozidlo.

1.8.1 Pomaloběžné válcové zkušebny

Měřicí válcová zkušebna je sestavena ze dvou párů hnacích válců, uložených v pevné konstrukci zabudované v podlaze. Válce jsou uloženy otočně a každý z obou párů válců je poháněn samostatným elektromotorem (*Obr. 10*). Válce bývají zpravidla propojeny válečkovým řetězem, v některých případech se využívají i klínové řemeny nebo ozubené řemeny. Mezi válci a motorem je umístěn stálý regulační převod v převodové skříni. Skříň s převodem, není pevně připevněna k rámu, ale může se pootáčet kolem své osy, která odpovídá ose poháněného válce. Na převodovou skříň je namontováno momentové rameno, na jehož konci je umístěn snímač tlakové síly. [22]

Válcové zkušebny vyžadují dva hnací elektromotory s velkým příkonem, vzhledem k měřeným brzdícím silám. Proto se využívá menších rychlostí, u pomaloběžných zkušeben do 10 km/h, obvodových kol.

Obr. 10 Schéma válcové zkušebny



Zdroj: [2]

Na pomaloběžných válcových zkušebnách se měří brzdné síly na obvodech jednotlivých kol a výsledný účinek se hodnotí pomocí hodnoty zbrzdění, která je definována následujícím vztahem:

$$z = \frac{\sum F_{Bi}}{G} * 100 [\%] \quad (1-6)$$

$\sum F_{Bi}$ – součet brzdných sil na obvodech kol

G – tíha vozidla

Z naměřených hodnot zbrzdění lze posoudit i rozložení brzdné síly na nápravy a posoudit souměrnost brzdění na levé či pravé straně vozidla.

Pro celkovou brzdou sílu platí:

$$F_B = \sum F_{Bi} = ma_x = G \frac{a_x}{g} \quad (1-7)$$

$\sum F_{Bi}$ – součet brzdých sil na obvodech kol

G – tíha vozidla

a_x – zrychlení

m – hmotnost

g – gravitační zrychlení

Z rovnice (2-8) lze odvodit vztah mezi zbrzděním a brzdým zpomalením:

$$z = \frac{a_x}{g} 100 [\%] \approx 10 a_x [\%] \quad (1-8)$$

z – zbrzdění

a_x – zrychlení

g – gravitační zrychlení

Vozidlo se postaví koly na válce, předními případně zadními koly. Ve většině případu se jedná pouze o jednonápravovou zkušebnu, kde se nejdříve měří jedna náprava a posléze druhá. V případě, že je k dispozici jednonápravová zkušebna, ale je nutné změřit vozidlo s nerozpojitelným pohonem všech kol, tak toto měření nepřipadá v úvahu. Je nutné využít vícenápravovou zkušebnu nebo například provést měření pomocí decelometru. Kola vozidla jsou roztáčena pomocí válců, která jsou hnaná elektromotory. Motor auta je během testu v klidu. Brzděním se na obvodu kola vytvoří brzdná síla F_b , která působí proti hnací síle F. Během brzdění se válce otáčejí s přebytkem hnací síly, tudíž brzdná síla F_b vyvine moment proti smyslu otáčení válců. Tento reakční moment způsobí pootočení ramena, které tlačí na tlakový snímač napojený na měřicí přístroj na panelu zkušebny. [22][25]

Nedílnou součástí válcových zkušeben je také zařízení pro signalizování prokluzu kol, ke kterému by nemělo docházet. Mezi hnací válce je umístěn třetí válec, který má menší průměr než zbylé dva válce. Tento válec bývá nazýván signální válec a je přitlačován pružinou, aby docházelo ke stálému styku s koly vozidla a byl jimi volně unášen. Signální válec je opatřen snímací elektronikou, tachodynamem, fotoelektrickým otáčkoměrem a vyhodnocuje rozdíl mezi otáčkami měřících válců a signálním válcem.

Prokluz kol může způsobovat nepřesnosti v měření a navíc poté dochází k rychlému opotřebenému pneumatik na vozidle. Kromě signalizace jsou některé zkušební vybaveny zařízením, které v případě prokluzu některého z kol automaticky zablokují pohon hnacích kol. [2]

Velmi důležitý je i povrch válců, který nesmí být hladký, součinitel adheze by měl být minimálně 0,5. K velkým změnám součinitele může docházet, pokud zkušební válce přijdou do styku s vodou nebo olejem a jinými nečistotami.

Mezi základní povrchy válců se řadí:

- ocelolitiny s podélnými drážkami, případně podélné i příčné obvodové drážky,
- ocelové s navařenými podélnými lištami z legované oceli,
- ocelové s přivařeným pláštěm z lisovaných ocelových roštů,
- ocelové s potahovou vrstvou ze speciálního betonu,
- ocelové s potahovou vrstvou z taveného čediče,
- ocelové s potahovou vrstvou ze syntetických pryskyřic. [25]

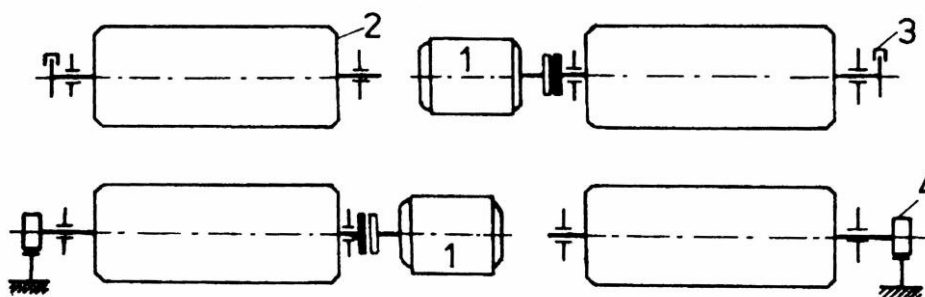
Povrch válce vyrobený z oceli a opatřen drážkami je trvanlivý materiál, ale jeho použití je omezeno na zkušební stanice vybavené automatickým rozpoznáním prokluzu. V případě prokluzu tyto válce zdatelně poškozují povrch pneumatiky. V případě použití betonových válců je součinitel adheze srovnatelný s betonovou vozovkou, ale v případě potřísnění těchto válců olejem součinitel adheze výrazně klesá a náprava do původního stavu je komplikovaná. Vhodným řešením se zdá být potažení válců pomocí syntetické pryskyřice. Pro zvětšení součinitele adheze se do této pryskyřice přidává tvrdý a zemitý materiál. Tyto válce vynikají dobrou adhezí i v případě výskytu vody či nečistot mezi válci a pneumatikami. Výhodou je i poměrně snadná oprava poškozené povrchové vrstvy. [25]

Nevýhodou válcových zkušeben je, že se při měření neprojevují účinky dynamických sil. Z tohoto důvodu je využití válcové zkušební vhodné ve stanicích technické kontroly pro rychlou diagnostiku, ale pro vývojový proces automobilů už je méně vhodný. [25]

1.8.2 Rychloběžné válcové zkušebny

Snaha měření co nejvíce přiblížit běžnému provozu a rychlostem zde používaným vedla k vývoji rychloběžných válcových zkušeben. Na těchto zkušebnách se dosahuje zkušební rychlosti kol až 100 km/h. Konstrukce těchto zkušeben (*Obr. 11*) je odlišná od konstrukce pomaloběžných válcových zkušeben. Principem rychloběžných zkušeben je, že energie je mařena pomocí energie naakumulované v setrvačných válcích. [22]

Obr. 11 Schéma rychloběžné válcové zkušebny



Zdroj:[22]

Na (*Obr. 11*) jsou vidět jednotlivé válce setrvačnickové zkušebny. Jeden válec z každé dvojice je poháněn hnacím elektromotorem. Válce jsou opatřeny volnoběžným zařízením, které zabraňuje v pohybu válců zpět. Toto zařízení se používá, aby bylo možno vjet s vozidlem na válce.

Rychloběžné válcové zkušebny lze rozdělit podle konstrukce do těchto tří kategorií:

- 1) Zkušebny, které mají válce s trvalým pohonem od elektromotorů. Princip měření na těchto zkušebnách je obdobný jako u pomaloběžných zkušeben.
- 2) Zkušebny, na kterých se po dosažení dané zkušební rychlosti tyto válce odpojují. Následně se tyto válce s jejich setrvačnými hmotami zpomalují až do jejich úplného zastavení. Jako výstupní parametr slouží dráhy odvalování kol (brzdné dráhy), čas nebo brzdné zpomalení.
- 3) Zkušebny, na nichž je možné měřit oběma předchozími způsoby.

Měří se nejprve jedna náprava a druhá náprava musí být v tomto okamžiku zajištěna proti pohybu. Samotné měření probíhá za vysokých rychlostí a proto je nutné toto zajištění i zajištění celého vozidla z důvodu bezpečnosti. Některé zkušební stanice umožňují měření obou náprav najednou. I v těchto případech je nutné zajištění vozidla proti nechtěnému pohybu.

Poté co se dosáhne zkušební rychlosti, obsluha ve voze aktivuje brzdu vozidla, ke které je připojen pedometr k měření ovládací síly. Po aktivaci brzd jsou zároveň odpojeny válce zkušebny a dochází k brzdění válců. K jednomu z válců musí být připojen snímač otáček, který přesně zaznamenává každou otáčku válce po aktivaci brzd. Počet otáček válců od začátku působení brzd do úplného zastavení společně s údaji o síle vyvinuté na brzdový pedál jsou základními hodnotami pro vyhodnocení zkoušených brzd.

2. CÍL

Cílem této diplomové práce, je rozbor funkce brzdové soustavy s ohledem na její diagnostiku a posouzení technického stavu brzd. Základní myšlenkou metodiky práce je provést měření tak aby bylo umožněno provést dané měření i v podmínkách a vybavení odpovídající měření a kontrole ve stanicích technické kontroly. Hlavním cílem je rozšíření měření o analýzu především v oblasti náběhu brzdného účinku. Zjistit možnosti měření tohoto náběhu, posoudit využitelnost těchto informací pro diagnostiku, eventuálně navrhnout vylepšení metodiky měření.

Globálním cílem práce je přispět k bezpečnosti provozu silničních motorových vozidel. Tohoto cíle bude dosaženo prostřednictvím dílčích cílů:

- analýza průběhu dynamicky měřené brzdné síly,
- analýza náběhu brzdné síly při dynamickém měření,
- návrh úpravy měřicího cyklu pro zjištění náběhu brzdění.

3. METODIKA

Vlastní měření na válcové zkušebně slouží k získání potřebných dat k analýze brzdové soustavy vozidla. Nejdříve je nutné válce zabrzdít, aby bylo možné s vozidlem najet na brzdové stanoviště. Pro měření je důležité směr vozidla na válcích a to z důvodu, že jeden válec z každé dvojice je vždy vyšší. Pro měření brzd se vozidlo přistavuje tak, aby vyšší válec byl za kolem. Vzhledem k umístění elektromagnetické spojky ve zkušebně je nutné ohlídat její rozpojení při měření brzd.

Pro získání dat pro tuto práci bylo měření provedeno jak s aktivovaným posilovačem brzd, tak i při jeho deaktivaci. Dále bylo měření rozděleno podle nastavení času snímání impulsů, a to při nastavení 50 ms, 10 ms a 0,5 ms. Každé měření bylo provedeno celkem pětkrát pro vyloučení náhodných chyb, a aby se vyloučilo to, že je na brzdovém kotouči brzděno na místě s lepší nebo horší adhezí. Celkem tedy bylo provedeno 30 měření.

3.1 Zkoušené vozidlo

Pro vlastní měření bylo použito vozidlo Škoda Roomster 1,6 MPI (*Obr. 12*). Automobil je vybaven kotoučovými brzdami na přední i zadní nápravě, motorem o výkonu 77 kW a automatickou převodovkou.

Obr. 12 Škoda Roomster

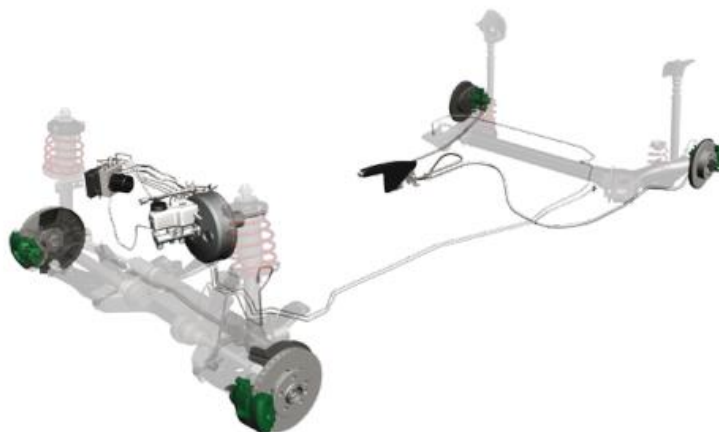


Zdroj:[26]

3.1.1 Brzdy zkoušeného vozidla

Provozní brzdy vozidla Škoda Roomster jsou konstruovány jako kapalinové brzdy s dvěma okruhy (*Obr. 13*). Propojení okruhů je úhlopříčné neboli diagonální. První z okruhů brzdí přední pravé a zadní levé kolo, druhý okruh zbylé dvě kola. Účinky obou okruhů jsou stejné. Přední i zadní brzdy na měřeném vozidle jsou kotoučové, na přední nápravě jsou navíc vybaveny vnitřním chlazením. Provozní brzdy jsou navíc osazeny posilovačem brzdného účinku a dále systémem ABS, MSR a Dual rate. [27]

Obr. 13 Schéma brzdového systému Škoda Roomster

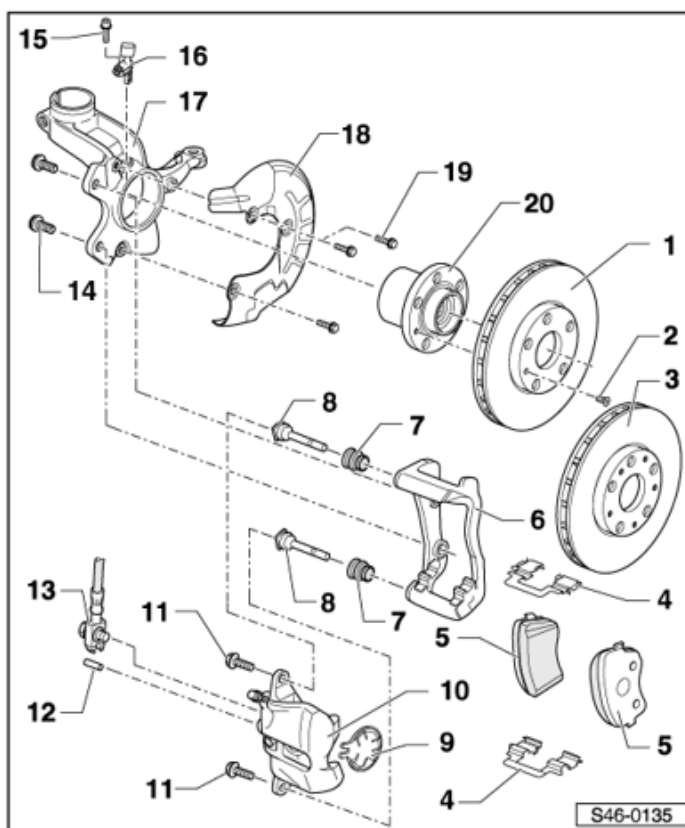


Zdroj: [28]

Kotoučové brzdy předních kol jsou typu C54-II a jejich složení je zobrazeno na (Obr. 14). Vůle brzd je seřizována samočinným systémem. [27]

Obr. 14 Montážní přehled kotoučové brzdy C54-II

- 1) brzdový kotouč s vnitřním chlazením
- 2) šroub s křížovou drážkou
- 3) brzdový kotouč s vnitřním chlazením
- 4) přidržovací plech třecích segmentů
- 5) třecí segment
- 6) držák čelistí
- 7) manžeta
- 8) vodící čep
- 9) tepelný ochranný kryt
- 10) třmen brzdy
- 11, 14, 15, 19) šroub
- 12) pružné pouzdro
- 13) brzdová hadice v kompletu s hrdlem, dutým šroubem a těsnícími kroužky
- 16) snímač otáček ABS
- 17) hlava ložiska čepu kola
- 18) krycí plech
- 20) náboj kola s ložiskem (u vozidel s ABS je impulsivní kroužek zabudovaný v náboji kola)

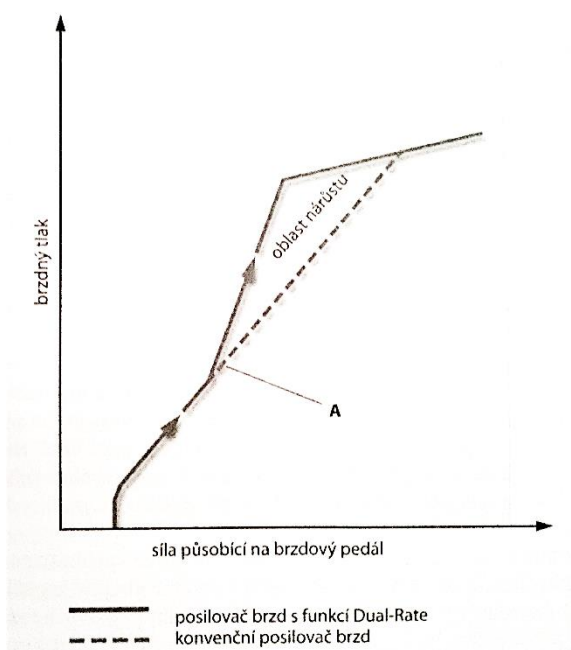


Zdroj:[27]

3.1.2 Podtlakový posilovač brzdného účinku

Podtlakový posilovač, který má činný průměr 8,5 palce, má funkci zvětšit tlak na píst hlavního tandemového válce v závislosti na délce zdvihu stlačeného brzdového pedálu. Tento posilovač funguje s dvoustupňovou charakteristikou Dual rate. To má za následek nelineární charakteristiku posilovače (Obr. 15). Od určité velikosti síly na brzdový pedál roste brzdný tlak rychleji. S touto charakteristikou je nutno počítat při stanovování náběhu brzd. [27]

Obr. 15 Charakteristika posilovače brzd



Zdroj: [27]

Posilovač pracuje s pod tlakem, který je v tomto vozidle získáván ze sání motoru. V případě vozidla se vznětovým motorem je podtlak získáván z vakuového čerpadla. To znamená, že posilovač brzd funguje jen za chodu motoru. Pro potřeby měření bez posilovače brzd tudíž stačí brzdít s vypnutým motorem, je ale nutné několikrát sešlápnout brzdový pedál, aby došlo k odstranění případného podtlaku.

3.2 Experimentální zkušebna ČZU

Měření pro získání dat k analýze náběhu brzdného účinku proběhlo na válcové zkušebně katedry Jakosti a spolehlivosti strojů v prostorách České zemědělské univerzity v Praze (Obr. 16). Zkušebna byla upravená pro potřeby katedry především s ohledem na její univerzálnost při měření brzdných účinku a výkonových parametrů silničních vozidel. Základem byla zkušebna pro využití ve stanicích technické kontroly.

Obr. 16 Válcová zkušebna ČZU



Zdroj: Autor

Hlavní úprava válcové zkušebny spočívá v odstranění převodovky a tenzometrického čidla. Náklon této převodovky během brzdění kol na válcích snímal tenzometrický snímač. Převodovka byla nahrazena řetězovým řemenem, převodový poměr je nyní 1:1. [29]

3.2.1 Elektromotor

Pro pohon válců jsou využívány dva elektromotory značky Indukta. Každý elektromotor pohání jednu dvojici válců. Dva elektromotory jsou nutností, pokud je vyžadováno měření rozdílů souměrnosti brzdění levého a pravého kola vozidla.

Základní parametry elektromotoru jsou:

- jmenovitý výkon motoru – 7 kW,

- jmenovité otáčky motoru – 1455 min^{-1} ,
- budící proud – 15 A,
- napětí – 380 V (v současné době 400 V). [29]

3.2.2 Inkrementální snímač

Při měření plného brzdného účinku vozidla vykoná kolo na válcích méně než jednu otáčku. Proto je vhodné využití snímače s velkým počtem impulsů za otáčku. Optický inkrementální snímač umístěný na použité válcové zkušebně je schopen sejmout 1024 impulsů na jednu otáčku válců. Maximální otáčky trvale mohou dosahovat 3000 min^{-1} a v krátkodobé špičce až 5000 min^{-1} . [29]

3.2.3 Měřicí jednotka

Měřicí jednotka válcové zkušebny slouží ke snímání a následnému přenosu do počítače, kde teprve dochází ke zpracovávání naměřených dat. Důvodem využití této jednotky je především v možnosti snímat mnoho veličin současně. V případě použití jen PC bez jednotky dochází k jeho nadměrnému zatížení. K jednotce lze připojit jak snímače otáček, tak i snímače točivého momentu. [29]

3.2.4 Frekvenční měniče

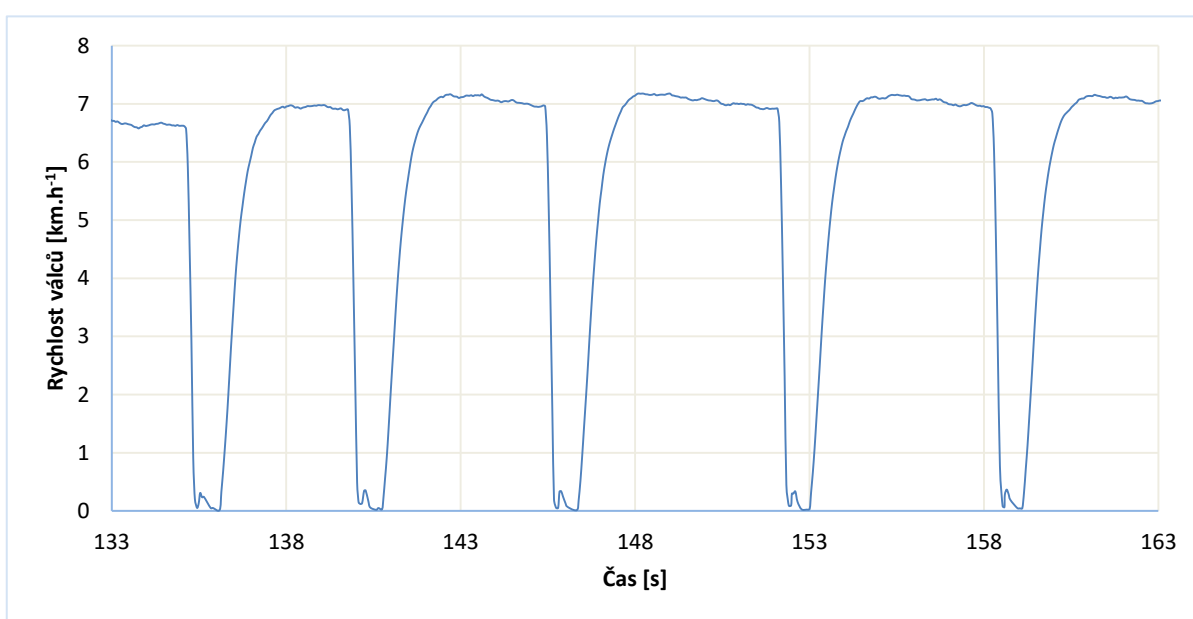
Elektromotory jsou doplněny frekvenčními měniči, které plní několik důležitých funkcí. Celkem jsou zapojeny dva měniče, ale ovládán je pouze jeden. Druhý frekvenční měnič je nastaven tak, aby kopíroval nastavení na prvním měniči. Toto zapojení je voleno z důvodu zajištění stejných provozních parametrů levých i pravých válců zkušebny. [29]

Budícím proudem 22 A je zajištěno, že oba elektromotory pracují na 150 % svého výkonu. V případě přetížení dojde k vypnutí tohoto budícího proudu. Další z funkcí měničů je možnost nastavení provozních parametrů elektromotorů, a to především jejich otáček při různých druzích měření brzdných účinků. Dále se měniče využívají ke kontrole rozběhové a doběhové rampy a k zaznamenávání budícího proudu, točivého momentu a otáček motoru. [29]

4. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Na (Obr. 17) lze vidět průběh měření, konkrétně se jedná o měření se snímkovací frekvencí 50 ms a s posilovačem brd. Jedná se o záznam jedné válcové dvojice. Výstup dat z válcové zkušebny je ve formátu prostého textu, proto je nutné ho nejdříve převést do počítačového programu pro další zpracování. Ke zpracování dat byl využit program Microsoft Excel.

Obr. 17 Průběh rychlosti válců během měření



Příklad naměřených dat je vidět v (Tabulka 2). První sloupec, nazvaný kanál, je vstup do měřicí jednotky, tedy levá či pravá válcová dvojice. V tomto případě je kanál 0 určen pro levé kolo a kanál 1 pro pravé. V první části zpracování došlo k rozdělení dat podle příslušného kanálu. Druhý sloupec je čas zaznamenání impulsu. Pro výsledek v sekundách je tento sloupec nutné vynásobit konstantou 0,00000002. Třetí sloupec je číslo zaznamenaného impulsu. Jedna otáčka válce se rovná 1024 impulsům, měřicí jednotka ovšem impulsy neustále přičítá. Tudíž první impuls v tomto případě nemá číslo 1.

Tabulka 2 Výstup z měřící jednotky

Kanál	Čas [0.00000002 s]	Impuls	Orientační rychlost [km.h ⁻¹]
0	6481413809	348310	45,48697365
1	6481418083	352408	45,59151512
1	6483925692	352514	5,602467443
0	6483929956	348416	5,583456682
0	6486443124	348522	5,590075069
1	6486463115	352621	5,588872494
1	6488970582	352727	5,602784715
0	6488980066	348629	5,589932135
0	6491497245	348735	5,581167561
1	6491508496	352834	5,587791237
1	6494015711	352940	5,603347851

Čtvrtý sloupec je vyhrazen pro orientační určení rychlosti. Pro další zpracování je nutné rychlost válců vypočítat z časů pro přesnější hodnoty. Rychlost válců se vypočte ze vztahu:

$$Rv_i = \frac{Ov_i \cdot \pi \cdot r_v}{30} \quad (4-1)$$

Rv_i – obvodová rychlost válců zkušebny v i-tém intervalu [m.s⁻¹]

Ov_i – otáčky válců zkušebny v i-tém intervalu [min⁻¹]

r_v – poloměr válců zkušebny [m]

Aby bylo možné vypočítat rychlost válců, je nutné nejdříve vypočítat otáčky válců dle vztahu:

$$Ov_i = \frac{(d_{i+1} - d_{i-1}) \cdot 60}{1024 \cdot (t_{i+1} - t_{i-1}) \cdot 0,00000002} \quad (4-2)$$

Ov_i – otáčky válců zkušebny v i -tém intervalu [min^{-1}]

d_i – pořadí dílku v i -tém intervalu [-]

t_i – čas průchodu dílku d_i v i -tém intervalu [s]

Dalším krokem je vypočtení zrychlení válců zkušebny Zv :

$$Zv_i = \frac{(Ov_{i+1} - Ov_{i-1})}{60 \cdot (t_{i+1} - t_{i-1}) \cdot 0,00000002} \quad (4-3)$$

Zv_i – zrychlení válců zkušebny v i -tém intervalu [m.s^{-2}]

Při diagnostice brzd na válcové zkušebně se také hodnotí maximální brzdná síla na obvodu kola a souměrnost brzdění levého a pravého kola. Souměrnost není nic jiného než průměr rozdílu brzdného zpomalení na levém a pravém kole. Hodnota souměrnosti by neměla překročit 30 %. Pro měření souměrnosti je výhodnější provést měření při vyšších otáčkách, aby průběh brzdění byl delší a porovnání proběhlo s více hodnotami. Brzdná síla se stanoví ze vzorce:

$$F_b = m \cdot Zv + 370 \quad (4-4)$$

F_b – brzdná síla [N]

Zv – zpomalení válců zkušebny [m.s^{-2}]

m – setrvačná hmota pohybujících se částí redukovaná na obvod válců [kg]

370 – překonávaná konstantní síla elektromotorů [N]

Výsledná tabulka s vypočtenými hodnotami dle vztahů uvedených výše vypadá následovně (*Tabulka 3*).

Tabulka 3 Ukázka zpracovaných dat

Kanál	Čas	Impuls	Orientační rychlost [km.h-1]	Čas [s]	Otáčky válců [ot.min ⁻¹]	Zrychlení válců [m.s ⁻²]	Rychlost vypočtená [km.h ⁻¹]	Brzdná síla [N]
0	6481413809	348310	5,59	129,6283				
0	6483929956	348416	5,58	129,6786	123,42		6,7208	
0	6486443124	348522	5,59	129,7289	123,57	0,27782	6,7288	475,5712
0	6488980066	348629	5,59	129,7796	123,56	-0,38186	6,7286	224,8936
0	6491497245	348735	5,58	129,8299	123,37	-1,02438	6,7181	-19,2648
0	6494021239	348841	5,57	129,8804	123,04	-0,19017	6,6999	297,7340
0	6496540416	348947	5,58	129,9308	123,27	0,56487	6,7127	584,6495
0	6499058469	349053	5,58	129,9812	123,33	-0,56937	6,7157	153,6388
0	6501583647	349159	5,56	130,0317	122,98	-0,52051	6,6968	172,2051
0	6504107186	349265	5,57	130,0821	123,06	0,03282	6,7011	382,4701
0	6506632017	349371	5,56	130,1326	123,00	0,33854	6,6977	498,6443
0	6509151988	349477	5,57	130,183	123,23	0,98763	6,7106	745,3006

Při zpracování výsledků do grafů je v některých případech využito metody vytvoření spojnice trendu klouzavého průměru. Tato metoda spočívá ve vyrovnání kolísání dat ke srozumitelnějšímu zobrazení průběhu nebo trendu. Při vytvoření klouzavého průměru je vypočítán průměr z určitého počtu datových bodů a hodnota průměru je použita jako bod ve spojnici. Počet bodů ve spojnici trendu klouzavého průměru se rovná celkovému počtu bodů v řadě zmenšenému o číslo zadané pro toto období. [30]

Spojnice trendu klouzavého průměru využívá tuto rovnici:

$$F_t = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n+1}}{n} \quad (4-5)$$

F_t – výsledná hodnota pro daný bod

A_t – Vstupní hodnota v daném intervalu

n – perioda klouzavého průměru

4.1 Analýza náběhu brzdné síly při dynamickém měření

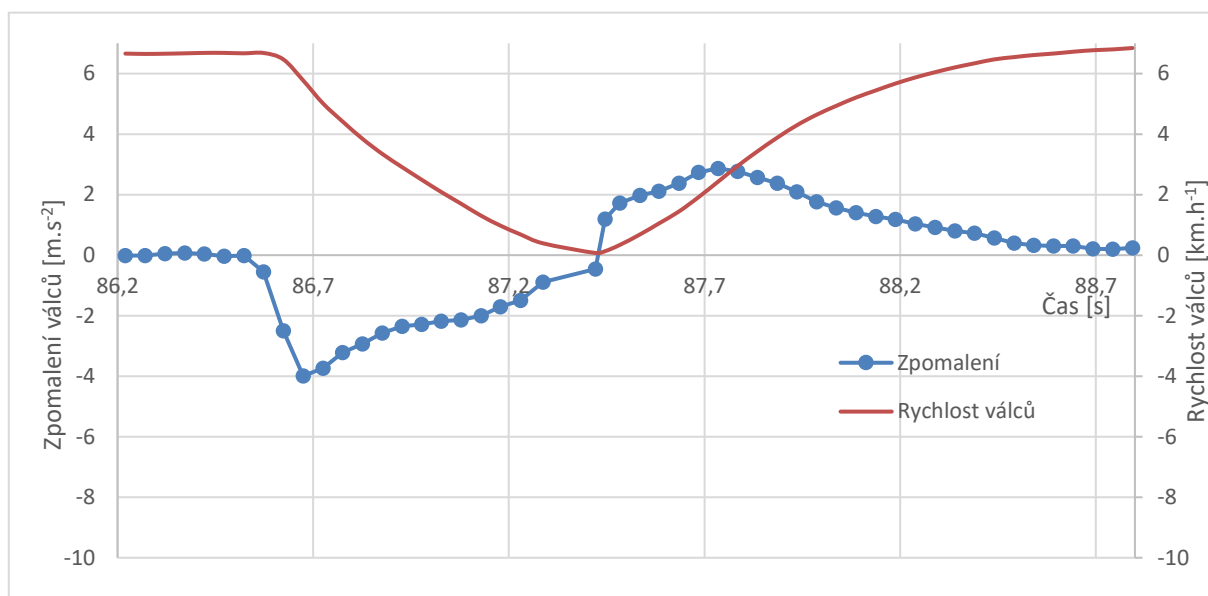
První ze série měření proběhlo s nastavením snímací frekvence na 50 ms. Nejdříve bylo uskutečněno měření s posilovačem brzd a poté s jeho deaktivací. Na (Obr. 18) je vidět závislost brzdného zpomalení a rychlosti válců na čase. Předpis pro kontrolu brzdného účinku ve stanicích technické kontroly dobu prodlevy a náběhu brzd nekontroluje, ale pouze předpokládá, že je splněna maximální požadovaná doba, která u hydraulických brzd osobních vozidel musí být menší než 0,6 s. U brzd s kapalinovým převodem bývá průměrná hodnota doby náběhu 0,15 s, u brzd s pneumatickým přetlakovým převodem je 0,2 s. [29][31]

Norma EHK 13 popisuje požadavek na dobu náběhu a prodlevy brzd takto: *„Při rychlém (záchranném) brzdění nesmí doba, která uplyne mezi okamžikem, kdy se počne působit na ovládací orgán a okamžikem, kdy brzdná síla na náprav umístěné z hlediska náběhu brzdění nejnepříznivěji, dosáhne hodnoty odpovídající předepsanému účinku, přesáhnout 0,6 s;* Dále určuje dobu prodlevy brzdění, která je stanovena na 0,2 s. [1]

4.1.1 Snímací frekvence 50 ms

V případě konce náběhu a určení začátku plné brzdné síly je situace komplikovanější. Teoreticky by tento moment měl být určitelný pomocí velikosti brzdné síly nebo brzdného zpomalení, respektive z jeho změny. Tyto hodnoty by měly stoupat během náběhu a ustálit se na konci doby náběhu brzd. V případě vynesení hodnot do grafu je vhodné tyto body proložit křivkou, aby došlo k vyrovnání velkého rozptylu. Nejvíce se osvědčila metoda klouzavého průměru. I tak z grafu lze určit konec náběhu jen velice obtížně a určená hodnota bude jen orientační.

Obr. 18 Průběh rychlosti a zrychlení – 50ms bez posilovače brzd



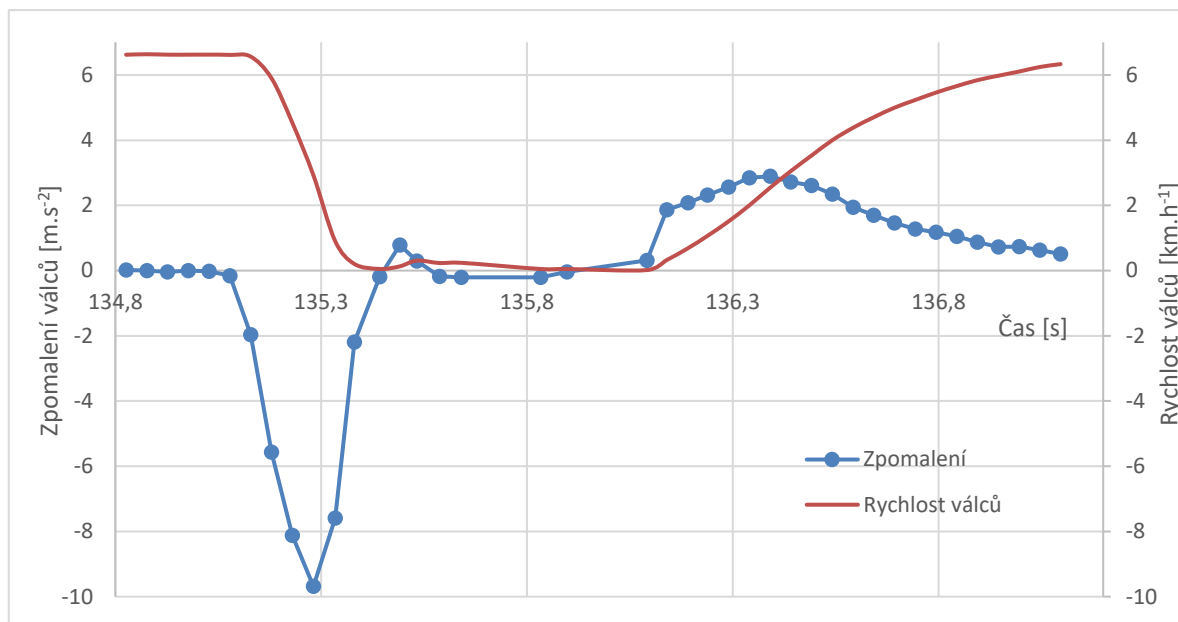
V případě, že se uvažuje maximální požadovaná dobu náběhu 0,4 a snímací frekvence 0,05 s vyjde, že je možné náběh zaznamenat na přibližně osmi hodnotách. Z (Tabulka 4) je, ale patrné, že celé brzdění včetně doby maximální brzdného účinku je zaznamenáno pomocí devíti hodnot. Z toho plyne, že průběh náběhu brzdného účinku je popsán jen několika málo body.

Tabulka 4 Záznam brzdění 50 ms s posilovačem brzd

Kanál	Čas	Impuls	Orientační rychlost [km.h ⁻¹]	Čas [s]	Otáčky válců [ot.min ⁻¹]	Zrychlení válců [m.s ⁻²]	Rychlost vypočtená [km.h ⁻¹]	Brzdná síla [N]
1	6748856173	363637	5,50	134,9771	121,6277	0,0023	6,6231	370,8825
1	6751384976	363742	5,50	135,0277	121,6454	-0,0198	6,6241	362,4733
1	6753916905	363847	5,50	135,0783	121,4952	-0,1577	6,6159	310,0553
1	6756419139	363950	5,46	135,1284	120,5954	-1,9616	6,5669	-375,392
1	6758959234	364044	4,90	135,1792	108,4175	-5,5643	5,9038	-1744,44
1	6761492398	364116	3,77	135,2298	83,27037	-8,1212	4,5344	-2716,06
1	6764058260	364163	2,43	135,2812	53,66435	-9,6844	2,9223	-3310,06
1	6766692788	364178	0,75	135,3339	16,68053	-7,5863	0,9083	-2512,8
1	6769034011	364181	0,17	135,3807	3,754048	-2,1907	0,2044	-462,466
1	6772124205	364182	0,04	135,4425	0,948059	-0,1839	0,0516	300,1266
1	6774553289	364184	0,11	135,4911	2,412175	0,7896	0,1314	670,0643
1	6776627475	364188	0,26	135,5325	5,649807	0,2933	0,3077	481,4506

Na následujícím grafu (Obr. 19) je záznam brzdění s posilovačem brzd.

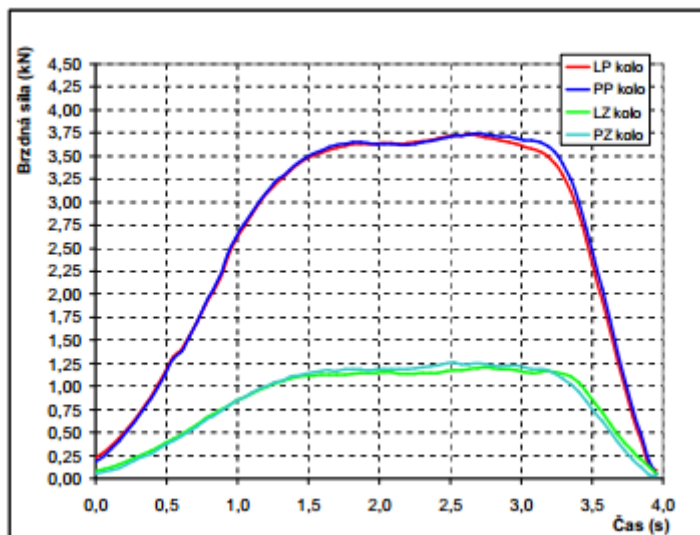
Obr. 19 Průběh rychlosti a zrychlení – 50ms s posilovačem brzd



Doba náběhu je definovaná jako doba od začátku brzdění do doby začátku plné brzdné síly. Z tohoto předpokladu lze vyvodit návrh změřit dobu mezi bodem začátku brzdění a bodem s maximální brzdou silou. V tomto případě je ovšem nutné si uvědomit, že maximální síla nepůsobí v jednom konkrétním bodě viz. (Obr. 1). V případě hodnocení jen intervalu mezi těmito dvěma body, by vyšla doba náběhu brzd pro měření bez posilovače 150 ms a s posilovačem 250 ms. Větší rozdíl mezi dobou náběhu s posilovačem a bez něj je dán především tím, že s použitím posilovače je brzdná síla větší a trvá tedy déle dosáhnout tohoto maxima. Dále je potřeba brát v potaz, že nejvyšší hodnota brzdné síly se může nacházet až v oblasti považované za maximální brzdny účinek a nejen na začátku.

Problémem je tedy určit hranici, kdy lze považovat brzdny účinek za maximální. Lze uvažovat proložení nejvyšších hodnot přímkou a v místě, kde dojde k prvnímu protnutí přímkou s křivkou brzdny síly nebo zpomalení, tento moment označit za začátek působení maximální brzdny síly. Pro vytvoření takovéto přímkou je zapotřebí vycházet z několika hodnot s podobnou intenzitou neboli brát v potaz hodnotu, na které se ustálí brzdny síla. Na (obr.20) lze vidět záznam z jiného měření. Zde je lépe vidět ustálení brzdny síly i rozdíl mezi brzdou silou přední a zadní nápravy.

Obr. 20 Průběh zpomalení



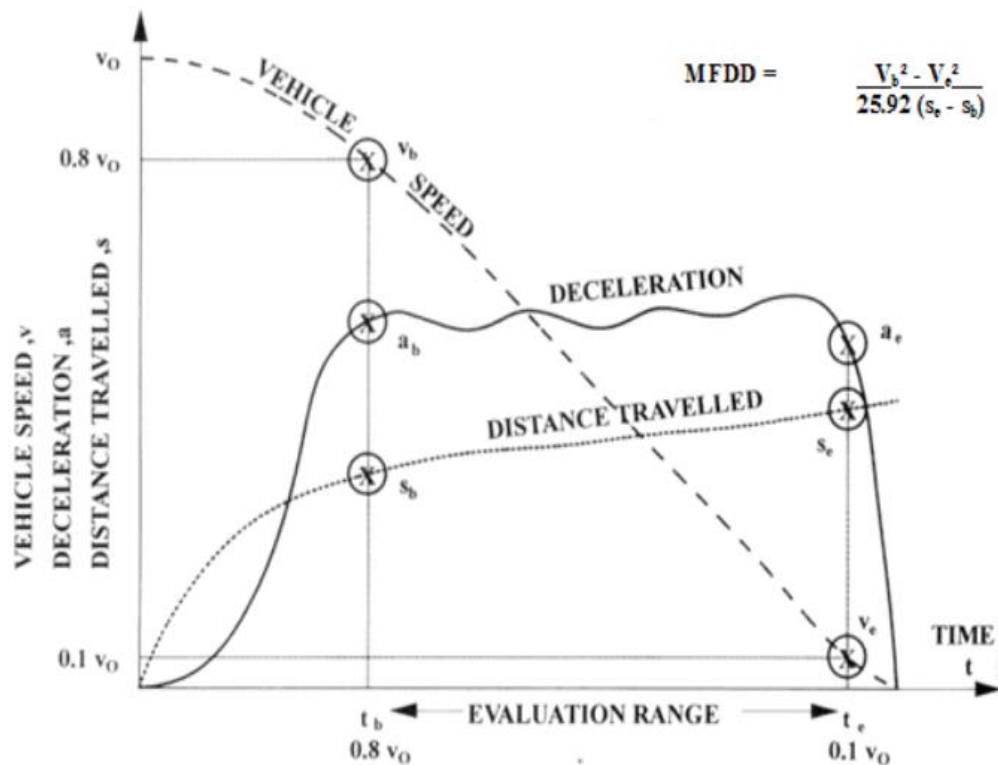
Zdroj: [32]

Jak je z grafů (Obr. 19) patrné, brzdná síla rychle dosáhne maxima a poté začne klesat. Je to dáno především malou rychlostí válců, kdy po dosažení maximální brzdné síly se rychlost válců již přibližuje nule. Rychlost válců udržují elektromotory na hodnotě přibližně 122 ot. min^{-1} což odpovídá zhruba rychlosti 6 km. h^{-1} . Tato rychlost byla zvolena s ohledem na rychlé vyvinutí maximální brzdné síly, kdy při větší rychlosti dojde k zablokování kol. Velká setrvačná síla válců by i přes stojící kola vozidla, otáčela válci, které by poškodili pneumatiky vozu.

Na (Obr. 21) je graf vytvořený podle normy EHK 13, kde je maximální brzdná síla ohraničena rychlostí válců. Tento interval je označován zkratkou MFDD a je používán pro další výpočty podle normy. Přesněji se jedná o moment, kdy rychlost klesne na hodnotu 80 % a spodní hranice je na 10 % rychlosti válců.

Spodní hranice je dána především z důvodu zhrounutí vozidla na konci brzdění. Tento jev se projevuje ve všech grafech a je vhodné ho ze stanovení maximální brzdné síly vyřadit. Dochází tedy úmyslně ke zkrácení měřeného intervalu, ale to se ve výsledku projeví jen velmi malou hodnotou v porovnání s tím, kdybychom uvažovali i tento moment. Vozidlo při brzdění vytvoří klopný moment, který zatlačí tlumiče a na konci brzdění jsou tlumiče opět povoleny a ustaví se do výchozí polohy. [33]

Obr. 21 Průběh brzdění podle EHK 13



Zdroj: [34]

V případě implementování této metody do získaných dat je zapotřebí stanovit metodu určení těchto momentů. Pro potřeby stanovení doby náběhu brzd stačí určit pouze bod klesnutí rychlosti na 80 %. Vzhledem k malému počtu hodnot, žádná z naměřených hodnot přesně neodpovídá hodnotě 80 %. V (Tabulka 5) je označen interval od začátku brzdění po hodnotu, která se nejvíce blíží 80 %. Délka tohoto intervalu je 150 ms, reálná doba náběhu brzd bude delší vzhledem k vybrané hodnotě 89,14 %. Dále lze využít řešení pomocí interpolace hodnot, grafické odečtení z grafu nebo se nabízí možnost použití větší snímací frekvence.

Tabulka 5 Záznam brzdění 50 ms s posilovačem brzd – doplněná o průběh rychlosti

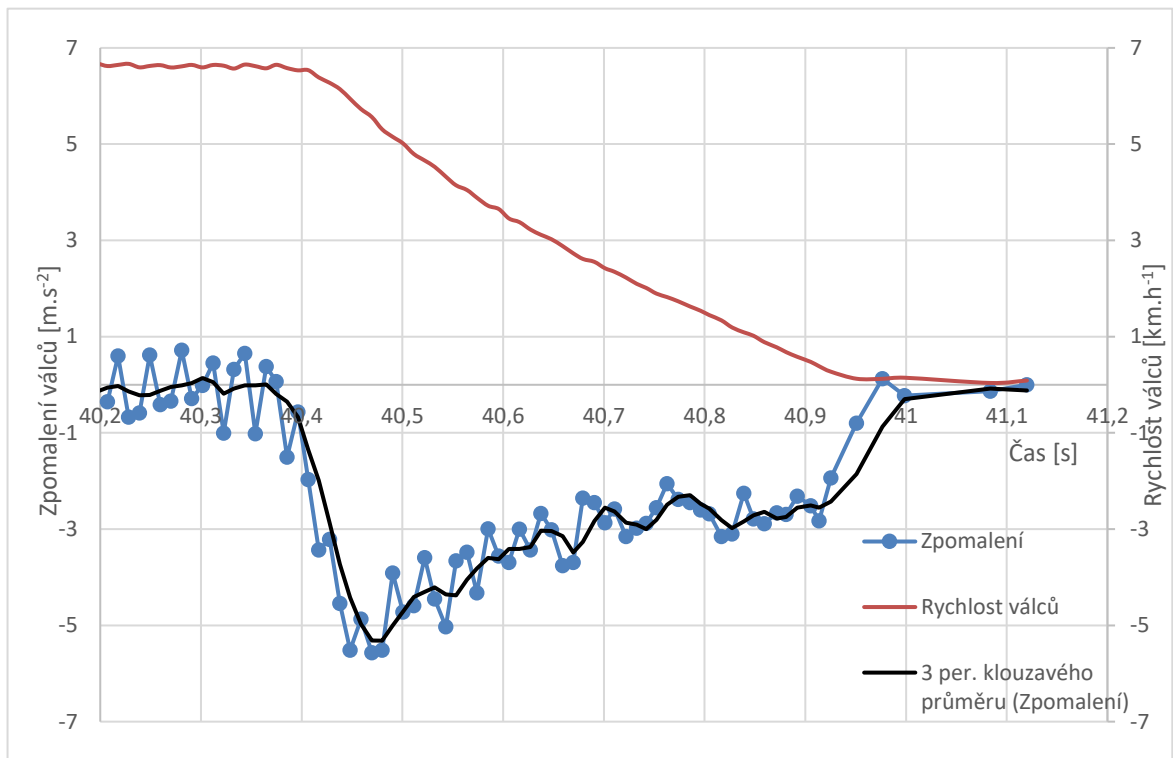
Kanál	Čas	Impuls	Čas [s]	Otáčky válců [ot.min ⁻¹]	Zrychlení válců [m.s ⁻²]	Rychlost vypočtená [km.h ⁻¹]	Brzdná síla [N]	Průběh rychlosti [%]
1	6748856173	363637	134,9771	121,6277	0,0023	6,6231	370,8825	100
1	6751384976	363742	135,0277	121,6454	-0,0198	6,6241	362,4733	100,01
1	6753916905	363847	135,0783	121,4952	-0,1577	6,6159	310,0553	98,89
1	6756419139	363950	135,1284	120,5954	-1,9616	6,5669	-375,392	99,15
1	6758959234	364044	135,1792	108,4175	-5,5643	5,9038	-1744,44	89,14
1	6761492398	364116	135,2298	83,27037	-8,1212	4,5344	-2716,06	68,46
1	6764058260	364163	135,2812	53,66435	-9,6844	2,9223	-3310,06	44,12
1	6766692788	364178	135,3339	16,68053	-7,5863	0,9083	-2512,8	13,71
1	6769034011	364181	135,3807	3,754048	-2,1907	0,2044	-462,466	3,09
1	6772124205	364182	135,4425	0,948059	-0,1839	0,0516	300,1266	0,78
1	6774553289	364184	135,4911	2,412175	0,7896	0,1314	670,0643	1,98
1	6776627475	364188	135,5325	5,649807	0,2933	0,3077	481,4506	4,65

Snímací frekvence 50 ms se tedy jeví jako méně vhodná pro hodnocení náběhu brzd, vzhledem k nedostatečnému počtu hodnot pro jeho analýzu. Lze předpokládat, že snímací frekvence bude mít vliv na stanovení doby náběhu. Vzhledem k většímu objemu dat se předpokládá přesnější určení začátku i konce náběhu brzdění.

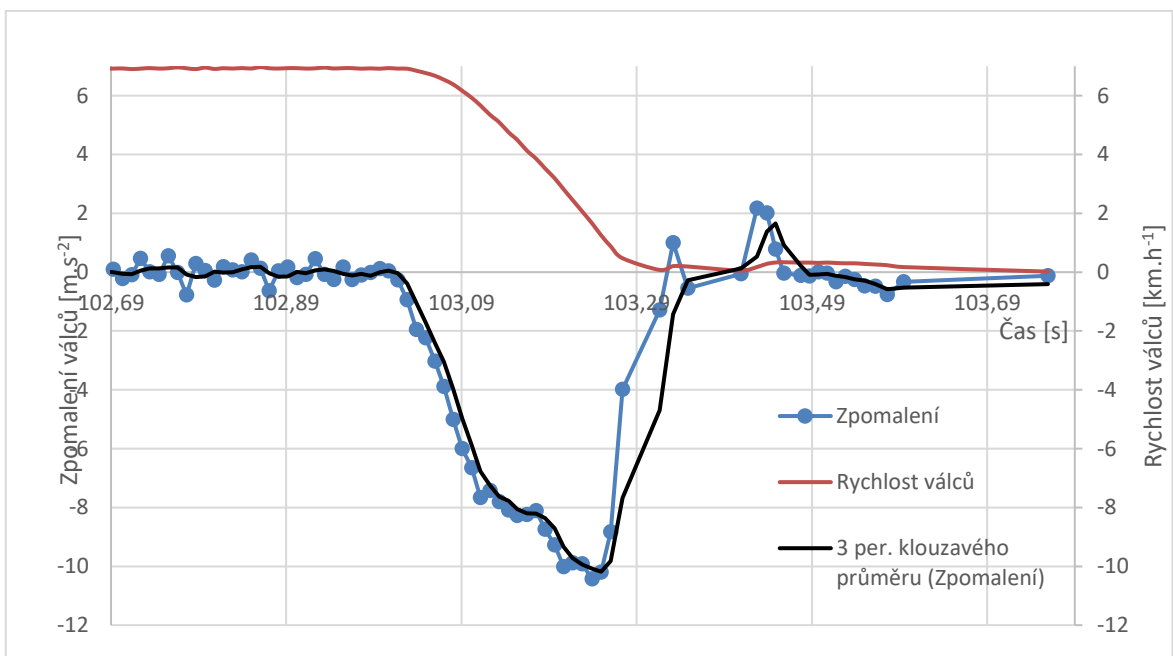
4.1.2 Snímací frekvence 10 ms

Nastavením měřicí jednotky na snímací frekvenci 10 ms bylo dosaženo většího relevantního objemu dat k posouzení doby náběhu. Na (Obr. 22) a (Obr. 23) je opět vidět graf závislosti brzdného zpomalení a rychlosti válců na čase. V prvním případě bez posilovače brzd a v druhém s jeho použitím.

Obr. 22 Průběh rychlosti a zrychlení – 10ms bez posilovače brzd



Obr. 23 Průběh rychlosti a zrychlení – 10ms s posilovačem brzd



Při nastavení snímací frekvence na 10 ms je možné se více přiblížit naměřenými hodnotami požadované hodnotě 80 %. V případě bez posilovače brzd se nejvíce blíží hodnota 81,17 %. Pokud se vychází z této hodnoty, délka náběhu bez posilovače brzd je

0,073 s a s posilovačem při stejném postupu je 0,084 s. Na první pohled je zřejmý velký rozdíl při určení doby náběhu mezi snímací frekvencí 50 ms a 10 ms.

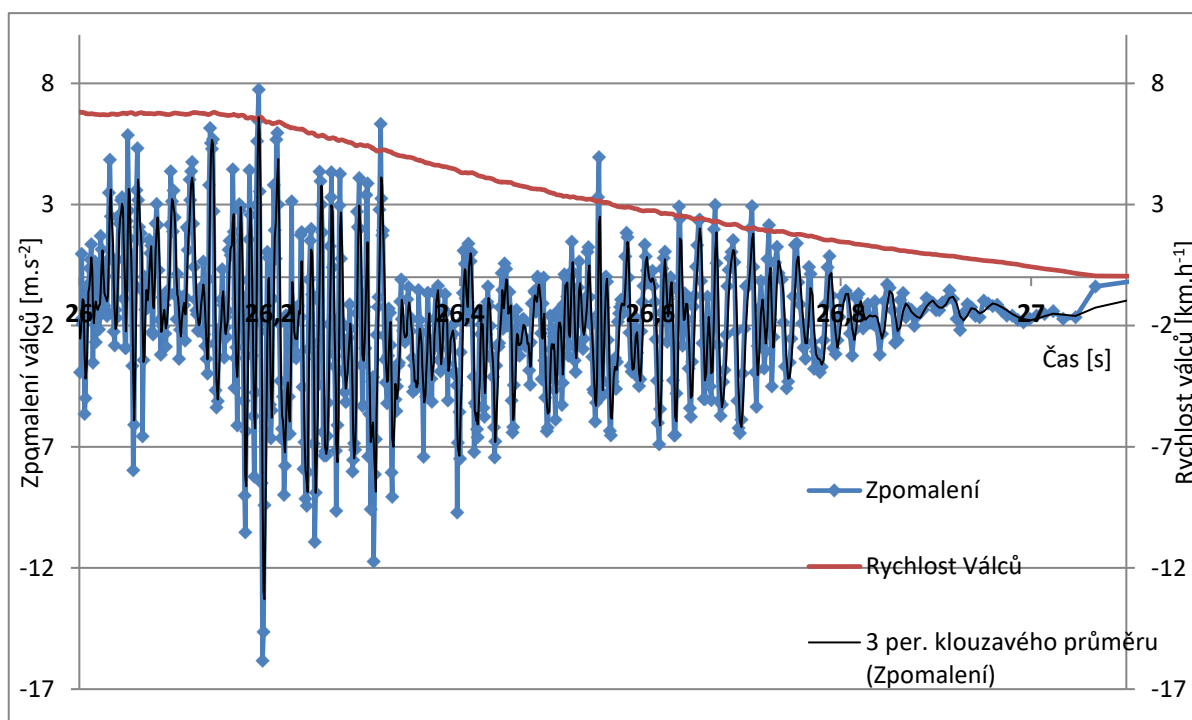
Tabulka 6 Naměřené hodnoty - 10 ms bez posilovače brzd

Kanál	Čas	Impuls	Čas [s]	Otáčky válců [ot.min ⁻¹]	Zrychlení válců [m.s ⁻²]	Rychlost vypočtená [km.h ⁻¹]	Brzdná síla [N]	Průběh rychlosti [%]
1	2022940111	639926	40,4588	105,2279	-4,87021	5,730106	-1480,68	87,64348
1	2023484974	639945	40,4697	102,1616	-5,56512	5,563134	-1744,75	85,08959
1	2023996010	639962	40,47992	97,45828	-5,51644	5,30702	-1726,25	81,17225
1	2024522521	639979	40,49045	94,59382	-3,9131	5,151038	-1116,98	78,78647
1	2025031474	639995	40,50063	92,10084	-4,72536	5,015284	-1425,64	76,71009
1	2025563605	640011	40,51127	88,08921	-4,58952	4,796834	-1374,02	73,36883

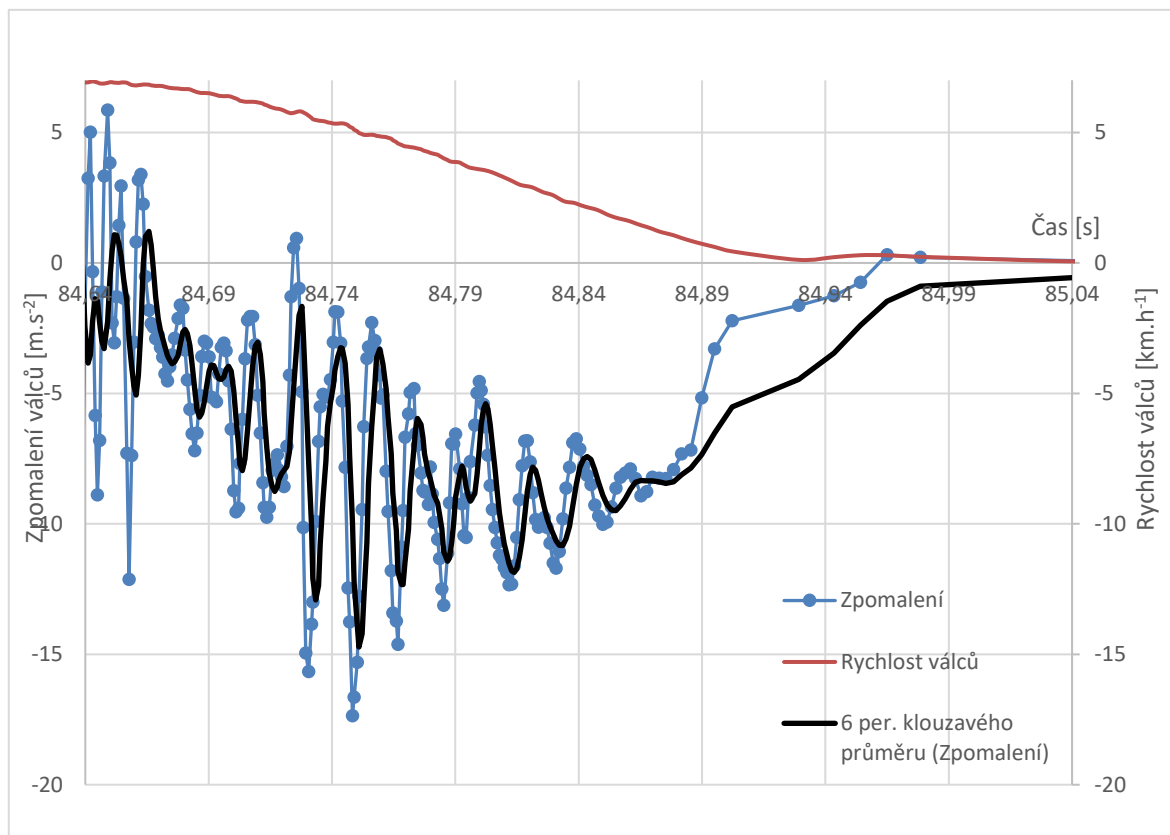
4.1.3 Snímací frekvence 0,5 ms

V případě zvolení snímací frekvence na hodnotu 0,5 ms byl získaný objem dat hojný. Výsledné hodnoty zrychlení a rychlosti válců jsou uvedeny v grafech (Obr. 24) a (Obr. 25)

Obr. 24 Průběh rychlosti a zrychlení – 0,5 ms bez posilovače brzd



Obr. 25 Průběh rychlosti a zrychlení – 0,5 ms s posilovačem brzd



Průběh rozdílu rychlostí, a tudíž i vypočteného zpomalení ovšem velice kolísá. Z tohoto důvodu lze jen obtížně přesně určit konec náběhu brzd. Vzhledem ke kolísání rychlosti kolem konstantní hodnoty, kolísá i zrychlení. Změna rychlosti se pohybuje, na rozdíl od zrychlení, v malém rozmezí hodnot. V tomto případě je za potřebí si uvědomit, že i nepatrná změna rychlosti za krátký čas vyvolá velkou hodnotu zrychlení. Proto je při vyšší snímací frekvenci vhodnější pro stanovení doby náběhu vycházet z grafu rychlostí válcové skupiny namísto zrychlení. Některé naměřené hodnoty při snímací frekvenci 0,5 ms jsou nepřesné. Při pohledu na graf jako celek, si lze udělat představu o průběhu, ale hodnoty zrychlení vyšší než 10 m.s^{-2} jsou zkráceny metodikou měření.

Pokud bychom opět hledali interval od začátku brzdění do momentu snížení rychlosti válců na 80 % dostali bychom hodnoty 0,117 s a s posilovačem 0,069 s.

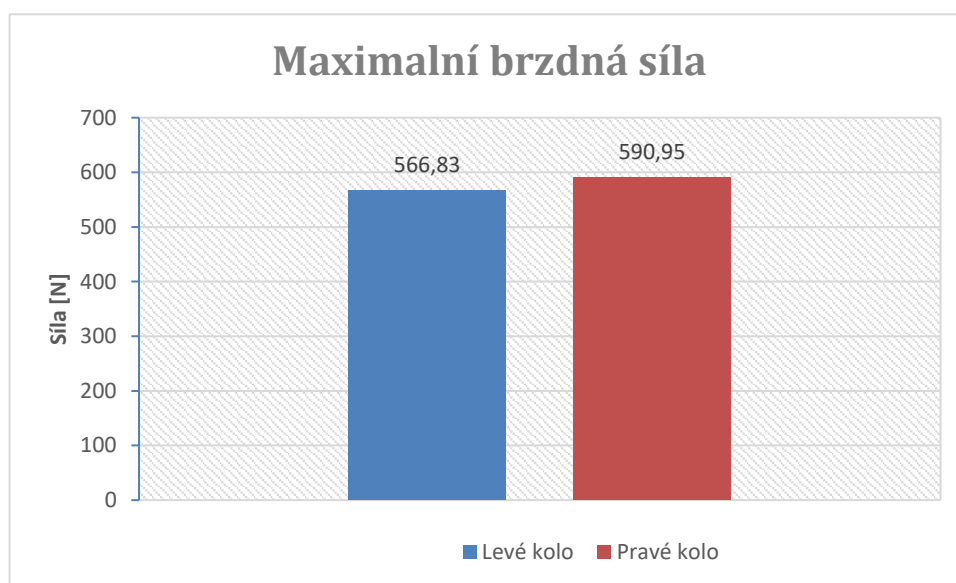
4.2 Analýza průběhu dynamicky měřené brzdné síly

Při posuzování brzd na válcové zkušebně se vyhodnocuje maximální brzdná síla na obvodě kol, jako jeden z ukazatelů stavu brzd. Při měření brzdné síly je zapotřebí využití pedometru k zabezpečení, že nedojde k překročení maximální ovládací síly na pedál a k dodržení stejné ovládací síly při měření přední i zadní nápravy. Vzhledem k zaměření této práce na náběh brzd, nebyl pedometr při měření použit a měření proběhlo jen na zadní nápravě vozidla. Proto je toto hodnocení jen jako orientační kontrola brzd.

4.2.1 Maximální brzdná síla

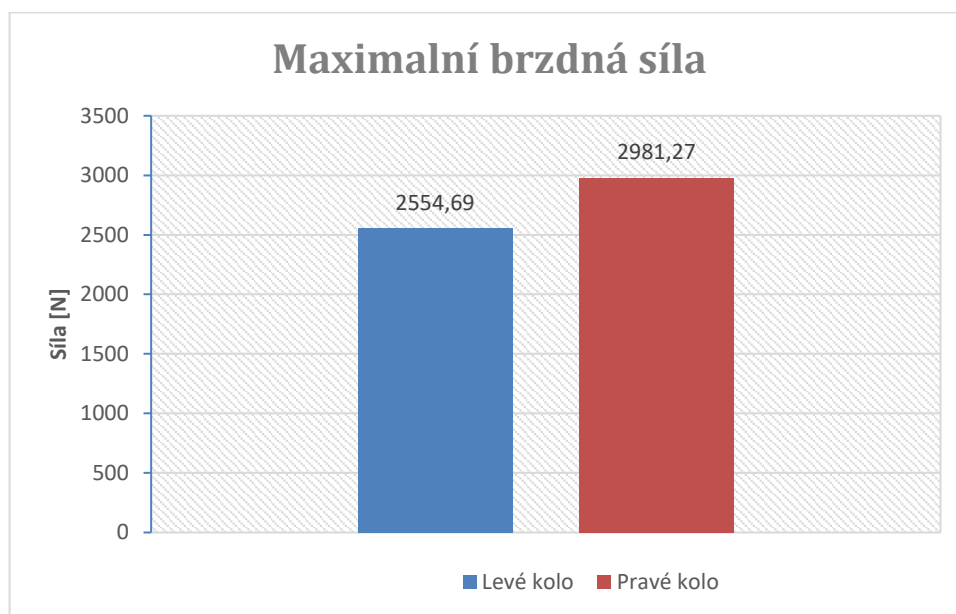
Výpočet brzdné síly se vypočte ze vztahu (4-4). Připočtená konstanta 370 N je síla, kterou tlačí elektromotory během měření a brzdy tuto sílu překonávají.

Obr. 26 Maximální brzdná síla – bez posilovače brzd



Na obr (Obr. 26) je vidět rozdíl brzdných sil na levém a pravém kole nápravy. Rozdíl by měl být co nejmenší a v tomto případě činí 24,1 N což odpovídá přibližně 4,25 %. Toto měření proběhlo s deaktivovaným posilovačem brzd. Na (Obr. 27) je brzdná síla s aktivovaným posilovačem brzd. Brzdná síla je díky posilovači mnohem větší. Rozdíl mezi levým a pravým kolem činí 426,58 N což odpovídá 16,69 %.

Obr. 27 Maximální brzdná síla – s posilovačem brzd

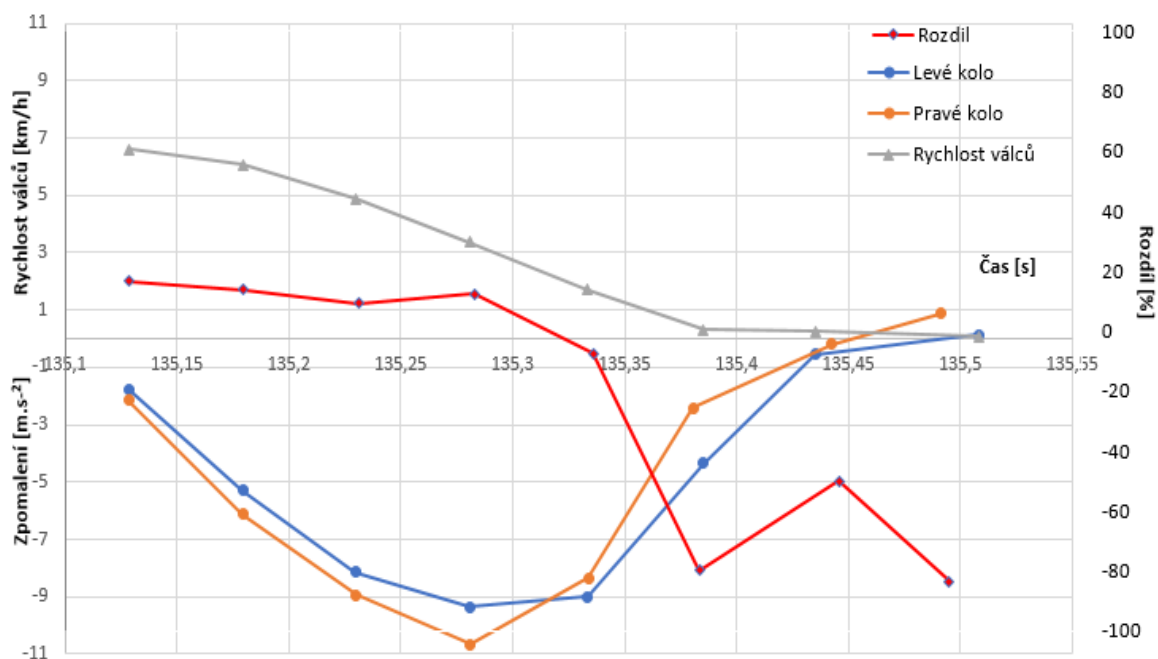


4.2.2 Souměrnost brzdění

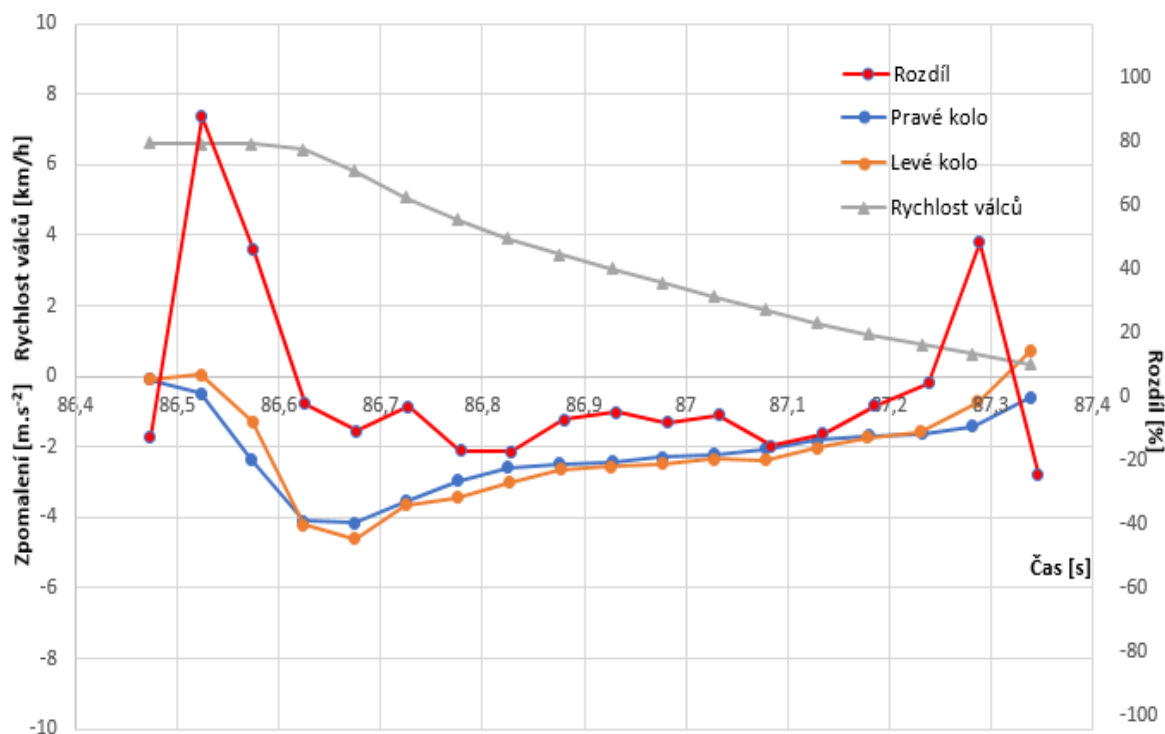
Souměrnost neboli rozdíl v brzdění levého a pravého kola, je dalším z kritérií při hodnocení brzdové soustavy. Nejdříve se vyhodnocuje procentuální rozdíl brzdění levé a pravé strany. Dalším krokem je porovnání maximální brzdné síly obou kol. Maximální nesouměrnost, kterou nesmí brzdy překročit je stanovena na 30 %. Překročením tohoto limitu znamená hodnocení brzd jako nevyhovující. V případě, že při orientační kontrole souměrnosti vyvozené z maximální brzdné síly, je výsledek větší než 30 %, není vozidlo ještě vyhodnoceno jako nevyhovující. Může totiž dojít k situaci, kdy z důvodu nestejně dlouhého vedení, nebo zdeformování vedení brzdové kapaliny k akčním členům, může dojít ke krátkodobému zpoždění v náběhu brzdné síly. [29]

Na obr (Obr. 28) je graf s výsledky z měření s posilovačem brzd. Na grafu jsou vynesena brzdná zpomalení pro obě měřená kola a červeně je znázorněn procentuální rozdíl mezi koly. Pokud je hodnota kladná, je brzdné zpomalení pravého kola větší a naopak. Výsledná hodnota souměrnosti je průměrem všech hodnot a v tomto případě činí 23 %.

Obr. 28 Nesouměrnost brzd – s posilovačem brzd



Obr. 29 Nesouměrnost brzd – bez posilovače brzd



Na obr (Obr. 29) je graf bez použití posilovače brzd. Bez použití posilovače brzd je průběh delší a celkově vyrovnanější. Pro hodnocení nesouměrnosti se jeví jako výhodnější použití vyšší snímací frekvence nežli 50 ms. Měření probíhalo při otáčkách válců přibližně 120 ot/min. Vhodnější je ovšem nastavit otáčky vyšší a tím celý průběh prodloužit, což je výhodnější pro výslednou průměrnou hodnotu. Pro měření bez posilovače brzd vyšla průměrná hodnota nesouměrnosti na pouhé 2 %.

4.3 Návrh úpravy měřicího cyklu pro zjištění náběhu brzdění

Pro měření prodlevy brzd by bylo nutné použít pedometr propojený s válcovou zkušebnou. Tím by bylo možné odečíst dobu mezi sešlápnutím brzdového pedálu do momentu počátku brzdění vozidla. Tato doba by se poté porovнала s požadavkem na maximální hodnotu 0,2 s danou normou EHK. Dnešní metody měření doby náběhu jsou obecně spíše zaměřeny na instalaci zařízení ve vozidle. Tato zařízení měří změnu tlaku brzdové kapaliny. Pro měření na válcové zkušebně nebo s použitím měřících zařízení při reálných jízdních zkouškách se hodnota doby náběhu jen předpokládá za splněnou bez stanovení přesné hodnoty.

Druhou variantou je stanovení doby, po kterou působí maximální brzdná síla. Ta se podle normy EHK 13 ohraničuje intervalem rychlosti válců v rozmezí 80 % až 10 %. Čas mezi počátkem brzdění a klesnutím rychlosti na 80 % z původní rychlosti válců lze označit za dobu náběhu brzdného účinku. V určitých případech může dojít k tomu, že v momentu 80 % rychlosti válců nemusí být ještě plný brzdný účinek vyvinut. Pro přesné učení by tedy bylo vhodné určit maximální brzdnou sílu pomocí stanovení maximální brzdné síly z ustálení brzdného zpomalení. K tomuto stanovení by bylo nutné upravit jízdní cyklus měřeného vozidla na pomaloběžné válcové zkušebně. Problém spočívá v nízké rychlosti simulující rychlost vozidla. Při maximální brzdné síle s již rychlost válců velmi blíží nule a tato síla působí jen v omezeném intervalu. Řešením by tedy mohlo být zvýšit rychlost a zároveň minimalizovat zablokování kol na válcích, aby nedošlo k poškození pneumatik měřeného vozidla. Toto zablokování lze řešit například optickou signalizací.

5. ZÁVĚR

Měření vozidel na univerzální válcové zkušebně v prostorách ČZU poskytuje celou řadu možností měření parametrů vozidla. Její univerzálnost spočívá především v možnosti měření jak výkonových parametrů, tak i brzdové soustavy. V případě brzd je zde možné dynamicky měřit maximální brzdné zpomalení či maximální brzdnu sílu na obvodě kol. Z těchto hodnot se dále určuje hodnota zbrzdění. V případě měření prodlevy brzd a doby náběhu brzdné síly jsou její možnosti omezenější. Celkově lze z hlediska kontroly vyhodnotit vozidlo jako vyhovující vzhledem ke střední hodnotě zpomalení $7,73 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (legislativou dáno minimum $5,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) a tomu odpovídající hodnota zbrzdění 77 % (požadované minimum je 59 %). Souměrnost brzd levého a pravého kola zadní nápravy byla naměřena 23 % (legislativní maximum je 30 %).

Ve stanicích technické kontroly se měří maximální síla na obvodu kol a souměrnost brzd. Tyto ukazatelé jsou dostatečné pro zhodnocení stavu brzdové soustavy. Náběh brzd se v tomto případě nekontroluje. Jeho přesné měření nalezne spíše uplatnění ve vývoji či při homologačním měření.

Hlavním předpokladem pro stanovení splnění zákonných požadavků na dobu náběhu brzd, by bylo nutné do normy zavést i přesný způsob jeho určení. Norma se detailněji zabývá jen měřením náběhu brzd u systému využívající vzduch jako přenosové medium. Pro stanovení u kapalinových brzd by tedy bylo nutné tuto normu rozšířit, aby metodika měření byla jasná snadno použitelná. Pro celkové hodnocení brzdového systému se využívá metoda stanovení brzdné dráhy. V případě, že by vozidlo mělo poruchu a náběh brzd by byl dlouhý toto vozidlo by mělo delší vypočtenou brzdnu dráhu a brzdový systém by byl hodnocen jako nevyhovující.

Pro detailnější zkoumání náběhu brzd, bylo vhodné změnit počáteční rychlost. Díky této změně by doba maximálního brzdného účinku byla delší a lépe by se tato doba oddělovala od celé fáze brzdění a to především s použitým posilovačem brzd. I za vyšší počáteční rychlosti by ovšem zůstal problém s přesným ohraničením doby náběhu.

Dále je vhodné správně vybrat snímací frekvenci měřící jednotky. Ta má vliv na určení hodnot doby náběhu. Doporučením je vybrat frekvenci přibližně 10 ms, která se

prokazovala jako nevýhodnější. Při snímací frekvenci 50 ms byl objem nasnímaných dat příliš malý pro správně zhodnocení doby náběhu a snímací frekvence 0,5 ms vykazovala příliš velké kolísání naměřených hodnot.

Tato práce vzhledem k omezenému rozsahu tedy poskytuje jen určitý náhled do problematiky diagnostiky brzd na válcové zkušebně. Práce může sloužit jako podklad k další analýze zabývající se náběhem brzdové síly. Pro vytvoření jednotné metodiky pro měření náběhu brzd je nutné se tímto tématem zabývat hlouběji.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PŘEDPIS EHK-OSN č. 13.: *Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel kategorie M,N,O z hlediska brzdění.*
- [2] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, říditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy.* 1. vyd. Brno: Vlk, 2001. ISBN 8023865730.
- [3] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel.* 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900269.
- [4] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel.* 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.
- [5] LACHNIT, František. *Přednášky z předmětu Teorie dopravy* [online]. In: . Praha: Česká Zemědělská univerzita v Praze [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://oppa-smad.tf.czu.cz/?q=td>
- [6] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily: Podvozky.* 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 9788087143032.
- [7] MILER, Petr. *Přednášky z předmětu Vozidlové mechanizmy* [online]. In: . Praha: Česká Zemědělská univerzita v Praze [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://oppa-smad.tf.czu.cz/?q=vm>
- [8] Brzdy a brzdná zařízení automobilů. *Informační web nejen pro žáky oboru strojírenství - mechatronika* [online]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-10.0_brzdyabrzdnazarizeniautomobilu_zakladnipojmy.pdf
- [9] BAKER, Alan K. *Vehicle braking.* London: Pentech Press, 1986. ISBN 0727322028.
- [10] SAJDL, Jan. Brzdová kapalina. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/brzdova-kapalina/>
- [11] VLK, František. *Automobilová elektronika: Asistenční a informační systémy.* Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

- [12] EBD (Electronic Brakeforce Distribution). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ebd-electronic-brakeforce-distribution/>
- [13] ABS (Anti-lock Braking System). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [14] VLK, František. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [15] ESP (Electronic Stability Programme). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
- [16] HLA (Hill Launch Assist). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/hla-hill-launch-assist/>
- [17] EBP (Electronic Brake Prefill). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ebp-electronic-brake-prefill/>
- [18] RBS (Rain Brake Support). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/rbs-rain-brake-support/>
- [19] SHARMA, Akshat a Amit MARWAH. *Braking Systems: Past, Present & Future*.
- [20] SANDEEPAN, Deb, Kumar ANCHAL a SHAYA. Regenerative braking systems (rbs) (future of braking systems). *International Journal of Mechanical And Production Engineering*. 2014. ISSN ISSN: 2320 - 2092.
- [21] SAJDL, Jan. SBC (Sensortronic Brake Control). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/sbc-sensortronic-brake-control/>
- [22] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 802397064X.
- [23] DUFKA, Roman. *Vliv vlastností pneumatik a okolních podmínek na brzdovou dráhu vozidla*. Brno, 2013. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Čupera Ph.D.
- [24] Ukázky použití. *HEKA spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://heka.cz/ukazky/index.html>

- [25] BÁČA, Jaroslav. *Měření brzdné síly na setrvačnickové válcové zkušebně*. Praha, 2010. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Ing. Martin Pexa, Ph.D.
- [26] ŠKODA AUTO a.s.: *ŠKODA model line-up: cleverer, safer, more attractive* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.skoda.co.nz/news/2013-05-01-model-year-2014>
- [27] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Roomster: konstrukce, technika, údržba*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1662-6.
- [28] *Škoda Roomster: Představení vozidla II. část – Dílenská učební pomůcka*.
- [29] PEXA, Martin. *Dynamické metody měření a modelování při diagnostice strojů*. Praha, 2011. Habilitační práce. Česká Zemědělská Univerzita v Praze.
- [30] *Microsoft Office: Přidání spojnice trendu nebo průměru do grafu* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <https://support.office.com/cs-cz/article/P%25C5%2599id%25C3%25A1n%25C3%25AD-spojnice-trendu-nebo-pr%25C5%25AFm%25C4%259Bru-do-grafu-3c4323b1-e377-43b9-b54b-fae160d97965?ui=cs-CZ&rs=cs-CZ&ad=CZ>
- [31] *SVĚTELNÉ SIGNALIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ (SSZ): Souvislost maximální povolené rychlosti v obcích s délkou žluté na SSZ* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/ord/ssz-50-zluta.htm>
- [32] KOČÍ, Václav. *Elektronické systémy brzdové soustavy*. Brno, 2012. Diplomová práce. Mendelova univerzita V Brně.
- [33] 18 - VBOX Tools Test Configurations. *Racelogic* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: https://racelogic.support/01VBOX_Automotive/03Software_applications/VBOX_Tools/VBOX_Tools_User_Manual/18_-_VBOX_Tools_Test_Configurations
- [34] Brake Calculations. *Engineering Inspiration* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.engineeringinspiration.co.uk/brakecalcs.html>

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABS – Anti-lock Braking Systém, protiblokovací systém

ASR – Anti Slip Regulation, protiprokluzový systém

BAS – Braking Assistant, brzdový asistent

ČZU – Česká Zemědělská Univerzita v Praze

EBD – Electronic brakeforce distribution, elektronický rozdělovač brzdného účinku

EBP – Electronic Brake Prefill, přiblížení brzdového obložení ke kotoučům

EBV – Elektronische Bremskraftverteilung, elektronické rozdělování brzdné síly

EHK – Evropská Hospodářská Komise, označení normy vydané v Evropské unii

ESC – Electronic Stability Control, elektronický stabilizační program

ESP – Electronic Stability Program, elektronický stabilizační program

GPS – Global Positioning Systém, systém určování polohy a rychlosti

HDC – Hill Descent Control, asistent sjíždění kopce

HHC – Hill Hold Control, asistent rozjezdu do kopce

HSA – Hill Start Assist, asistent rozjezdu do kopce

MFDD – Mean Fully Developed Deceleration, maximální brzdný účinek

MSR – Motor-Schleppmoment Regelung, regulátor točivého momentu motoru

PC – Personal Computer, osobní počítač

RBS – Rain Brake Support, brzdový asistent osušení brzdových kotoučů

8. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky:

Obr. 1 Průběh brzdění	3
Obr. 2 Zkoušení nouzového brzdění podle EHK 13	7
Obr. 3 Bubnová brzda	9
Obr. 4 Schéma bubnové brzdy	10
Obr. 5 Brzdový váleček	12
Obr. 6 Kotoučová brzda	13
Obr. 7 Kotoučová brzda a) s volným třmenem b) s pevným třmenem	14
Obr. 8 Schéma pedometru	20
Obr. 9 Plošinová zkušebna	23
Obr. 10 Schéma válcové zkušebny	25
Obr. 11 Schéma rychloběžné válcové zkušebny	28
Obr. 12 Škoda Roomster	32
Obr. 13 Schéma brzdového systému Škoda Roomster	33
Obr. 14 Montážní přehled kotoučové brzdy C54-II	33
Obr. 15 Charakteristika posilovače brzd	34
Obr. 16 Válcová zkušebna ČZU	35
Obr. 17 Průběh rychlosti válců během měření	37
Obr. 18 Průběh rychlosti a zrychlení – 50ms bez posilovače brzd	42
Obr. 19 Průběh rychlosti a zrychlení – 50ms s posilovačem brzd	43
Obr. 20 Průběh zpomalení	44
Obr. 21 Průběh brzdění podle EHK 13	45
Obr. 22 Průběh rychlosti a zrychlení – 10ms bez posilovače brzd	47

Obr. 23 Průběh rychlosti a zrychlení – 10ms s posilovačem brzd.....	47
Obr. 24 Průběh rychlosti a zrychlení – 0,5 ms bez posilovače brzd.....	48
Obr. 25 Průběh rychlosti a zrychlení – 0,5 ms s posilovačem brzd.....	49
Obr. 26 Maximální brzdná síla – bez posilovače brzd	50
Obr. 27 Maximální brzdná síla – s posilovačem brzd	51
Obr. 28 Nesouměrnost brzd – s posilovačem brzd	52
Obr. 29 Nesouměrnost brzd – bez posilovače brzd	52

Tabulky:

Tabulka 1 Reakční doba řidiče	4
Tabulka 2 Výstup z měřící jednotky	38
Tabulka 3 Ukázka zpracovaných dat	40
Tabulka 4 Záznam brzdění 50 ms s posilovačem brzd	42
Tabulka 5 Záznam brzdění 50 ms s posilovačem brzd – doplněná o průběh rychlosti	46
Tabulka 6 Naměřené hodnoty - 10 ms bez posilovače brzd	48