

NÁVRH BRZDOVÉHO SYSTÉMU MOTOCYKLU

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Konstrukce strojů a zařízení

Autor práce:

Bc. Mojmír Skřivan

Vedoucí práce:

Ing. Pavel Brabec, Ph.D.
Katedra vozidel a motorů





Zadání diplomové práce

NÁVRH BRZDOVÉHO SYSTÉMU MOTOCYKLU

Jméno a příjmení: **Bc. Mojmír Skřivan**
Osobní číslo: S19000252
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Konstrukce strojů a zařízení
Zadávací katedra: Katedra vozidel a motorů
Akademický rok: 2020/2021

Zásady pro vypracování:

1. Popište obecnou problematiku brzdění motocyklu. Vypracujte rešerši konstrukčního řešení brzd a jejich systémů používaných u jednostopých vozidel.
2. Prostudujte nařízení a homologační předpisy, zaměřte se na nutnost použití systému ABS a kategorii motocyklů L3e (podkategorie: L3e-A1). Vyhledejte podobné komerčně nabízené motocykly a podrobněji analyzujte jejich použité brzdové soustavy.
3. Pro zadané jednostopé vozidlo vypracujte rozbor silového namáhání, stanovte všechny potřebné kinematické parametry pro návrh brzdového systému. Proveďte zjednodušený simulační výpočet.
4. Zhodnoťte výsledky, vytypujte z běžně komerčně dostupných komponent celý brzdový systém.
5. Navrhněte metodiku měření a vyhodnocování brzdového systému motocyklu v návaznosti na homologační předpisy.
6. Cílem diplomové práce je využití výsledků na Katedře vozidel a motorů (TUL).

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

Výkresová dokumentace, simulační model
cca 50 stran textu
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů 1, 2*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
2. JANSÁ, Vladimír. *Konstrukce motocyklu*, Praha, SNTL 1960.
3. VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5273-6.
4. VLK, František. *Úlohy z dynamiky motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2001. ISBN 80-238-6574-9.
5. VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství, 2000. ISBN 80-238-5274-4.
6. KOREČEK, Pavel. *Namáhání rámu motocyklu*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2004.
7. POUCHA, Vít. *Pevnostní analýza nosníků přední vidlice motocyklu*. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005.
8. HAVRÁNEK, Lukáš. *Pevnostní analýza a optimalizace rámu s kyvnou vidlicí motocyklu s víceválcovým motorem o objemu 1200ccm*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2007.
9. POLÁK, Pavel. *Detailní rozbor namáhání zadní vidlice a přepákování zadního pérování motocyklu Jawa 836-6*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2011.
10. běžně dostupné materiály – odborné časopisy, databáze patentů, internet.

Vedoucí práce:

Ing. Pavel Brabec, Ph.D.
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání práce:

15. listopadu 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

15. května 2022

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

22. května 2021

Bc. Mojmír Skřivan

Anotace

Cílem diplomové práce je návrh kompletního brzdového systému pro daný motocykl kategorie L3e-A1. Rešeršní část práce zahrnuje obecný popis používaných brzdových systémů motocyklů, shrnutí homologačních předpisů a zkoušek brzdových systémů. Dále je v této části popsáno několik brzdových systémů komerčně nabízených motocyklů. Druhou částí této práce je rozbor silového namáhání a stanovení kinematických parametrů pro simulaci brzdových systémů. Poslední část práce se věnuje vlastnímu návrhu brzdového systému pro motocykl dané kategorie a návrh metodiky měření a vyhodnocování brzdového systému reálného motocyklu.

Klíčová slova

Brzdový systém, Brzdění, ABS, Simulace brzdového systému

Annotation

The aim of the diploma thesis is to design a complete braking system for a given motorcycle of category L3e-A1. The research part of the work includes a general description of the used brake systems of motorcycles, a summary of homologation regulations and tests of brake systems. In addition, several brake systems of commercially available motorcycles are described in this section. The second part of this work is the analysis of force stress and determination of kinematic parameters for the simulation of braking systems. The last part of the work deals with the design of the brake system for a motorcycle of a given category and design of a methodology for measuring and evaluating the braking system of a real motorcycle.

Key words

Brake system, Braking, ABS, Brake system simulation

Poděkování

Tímto způsobem bych velice rád poděkoval všem, kteří mě podporovali při studiu, hlavně své rodině. Velice děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Brabcovi, Ph.D. za trpělivost a mnoho cenných rad a nápadů při tvorbě práce.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
1 ÚVOD.....	10
2 BRZDĚNÍ A SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ	11
2.1 BRZDĚNÍ	11
2.2 SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ	11
3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ BRZD JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL	13
3.1 MECHANICKÉ BUBNOVÉ BRZDY	13
3.1.1 JEDNOČINNÉ BUBNOVÉ BRZDY	14
3.1.2 DVOJČINNÉ BUBNOVÉ BRZDY.....	14
3.2 KOTOUČOVÉ BRZDY.....	15
3.2.1 KOTOUČOVÉ BRZDY S PEVNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM.....	16
3.2.2 KOTOUČOVÉ BRZDY S PLOVOUCÍM BRZDOVÝM TŘMENEM.....	16
3.2.3 KOTOUČOVÉ BRZDY S VÝKYVNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM.....	17
3.2.4 KOTOUČOVÉ BRZDY S OTOČNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM.....	18
3.2.5 KOTOUČOVÉ BRZDY S PLOVOUCÍM BRZDOVÝM KOTOUČEM.....	18
3.3 SVÁZANÝ BRZDOVÝ SYSTÉM	18
3.4 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS	19
4 NAŘÍZENÍ A HOMOLOGAČNÍ PŘEDPISY	21
4.1 KLASIFIKACE MOTOCYKLŮ	21
4.2 DEFINICE OBSAHU PŘEDPISU	23
4.3 POŽADAVKY NA BRZDOVÝ SYSTÉM	24
4.3.1 MĚŘENÍ DYNAMICKÉ ÚČINNOSTI	25
4.3.1.1 STŘEDNÍ PLNÉ BRZDNÉ ZPOMALENÍ	25
4.3.1.2 BRZDNÁ DRÁHA	26
4.3.1.3 KONTINUÁLNÍ ZÁZNAM ZPOMALENÍ	27
4.4 PODMÍNKY ZKOUŠKY	27
4.5 ZKOUŠKY BRZDOVÉHO SYSTÉMU	28
4.5.1 ZASTAVENÍ NA SUCHU S AKTIVACÍ JEDNOHO OVLÁDACÍHO PRVKU BRZD.....	28
4.5.2 ZASTAVENÍ NA SUCHU S AKTIVACÍ VŠECH OVLÁDACÍCH PRVKŮ BRZD	29
4.5.3 VYSOKORYCHLOSTNÍ ZKOUŠKA	29
4.5.4 ZASTAVENÍ S MOKRÝMI BRZDAMI.....	30
4.5.5 SLÁBNUTÍ ÚČINNOSTI BRZD ZAHŘÍVÁNÍM.....	31

4.5.6	ZKOUŠKY ABS.....	32
4.5.6.1	ZASTAVENÍ NA POVRCHU S VYSOKÝM TŘENÍM.....	33
4.5.6.2	ZASTAVENÍ NA POVRCHU S NÍZKÝM TŘENÍM.....	33
4.5.6.3	KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL NA POVRCHU S VYSOKÝM A NÍZKÝM TŘENÍM	34
4.5.6.4	KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL PŘI PŘECHODU Z POVRCHU S VYSOKÝM TŘENÍM NA POVRCH S NÍZKÝM TŘENÍM	34
4.5.6.5	KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL PŘI PŘECHODU Z POVRCHU S NÍZKÝM TŘENÍM NA POVRCH S VYSOKÝM TŘENÍM	34
4.5.6.6	ZASTAVENÍ S ELEKTRICKOU PORUCHOU ABS	34
5	KOMERČNĚ NABÍZENÉ MOTOCYKLY	35
6	SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU	36
6.1	SIMULACE V PROGRAMU SIMULINK	39
6.2	SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU BEZ ABS	41
6.2.1	SIMULACE SYSTÉMU NA SUCHÉ VOZOVCE	41
6.2.2	SIMULACE SYSTÉMU NA MOKRÉ VOZOVCE	45
6.3	SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU S ABS	49
6.3.1	SIMULACE SYSTÉMU NA SUCHÉ VOZOVCE	49
6.3.2	SIMULACE SYSTÉMU NA MOKRÉ VOZOVCE	53
6.3.3	HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	57
6.3.4	NÁVRH KOMPONENT BRZDOVÉHO SYSTÉMU MOTOCYKLU.....	59
6.3.4.1	VARIANTY PŘEDNÍHO BRZDOVÉHO TŘMENU.....	60
6.3.4.2	VARIANTY PŘEDNÍHO BRZDOVÉHO VÁLCE.....	61
6.3.4.3	VARIANTA ZADNÍHO BRZDOVÉHO TŘMENU	63
6.3.4.4	VARIANTA ZADNÍHO BRZDOVÉHO VÁLCE	64
6.3.4.5	VARIANTY ABS MODULU	64
7	METODIKA MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ BRZDOVÉHO SYSTÉMU	67
7.1	MOBILNÍ TELEFON JAKO MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ	67
7.2	EXTERNÍ MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	68
7.2.1	MĚŘENÍ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA AKTIVAČNÍ PÁKU BRZDY	69
8	ZÁVĚR	70
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	72
10	POUŽITÁ LITERATURA.....	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Změna zatížení kol [1].....	11
Obrázek 2: Stáčivé momenty při brzdění [1]	12
Obrázek 3: Moment v řízení při brzdění v zatáčce [1]	13
Obrázek 4: Jednočinná bubnová brzda [1]	14
Obrázek 5: Dvojčinná bubnová brzda [2]	14
Obrázek 6: Schéma kotoučové brzdy [1].....	15
Obrázek 7: Kotoučová brzda s pevným třmenem [1]	16
Obrázek 8: Kotoučová brzda s plovoucím třmenem [1].....	17
Obrázek 9: Kotoučová brzda s výkyvným třmenem [3]	17
Obrázek 10: Kotoučová brzda s otočným třmenem [1]	18
Obrázek 11: Schéma protiblokovacího systému ABS [1]	19
Obrázek 12: Závislost součinitele přilnavosti na skluzu brzděného kola pro drsný a kluzký povrch [1].....	20
Obrázek 13: Působíště síly na ruční ovládací páce [4]	28
Obrázek 14: Postřikovací zařízení na kotoučové brzdě [4].....	30
Obrázek 15: Model motocyklu [vlastní tvorba]	36
Obrázek 16: Závislost součinitele adheze na skluzu pro použité typy vozovky [vlastní tvorba]	38
Obrázek 17: Schéma kotoučové brzdy [vlastní tvorba]	38
Obrázek 18: Graf zpomalení motocyklu bez ABS na suchu [vlastní tvorba].....	41
Obrázek 19: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na suchu, vpředu [vlastní tvorba]	42
Obrázek 20: Graf průběhu skluzu předního kola bez ABS na suchu [vlastní tvorba].....	42
Obrázek 21: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na suchu, vzadu [vlastní tvorba]	43
Obrázek 22: Graf průběhu skluzu zadního kola bez ABS na suchu [vlastní tvorba].....	43
Obrázek 23: Graf průběhu sil na předním a zadním kole bez ABS na suchu [vlastní tvorba]	44
Obrázek 24: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu bez ABS na suchu [vlastní tvorba]	44
Obrázek 25: Graf zpomalení motocyklu bez ABS na mokru [vlastní tvorba].....	45
Obrázek 26: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na mokru, vpředu [vlastní tvorba]	45
Obrázek 27: Graf průběhu skluzu předního kola bez ABS na mokru [vlastní tvorba].....	46
Obrázek 28: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na mokru, vzadu [vlastní tvorba]	46
Obrázek 29: Graf průběhu skluzu zadního kola bez ABS na mokru [vlastní tvorba].....	47
Obrázek 30: Graf průběhu sil na předním a zadním kole bez ABS na suchu [vlastní tvorba]	47
Obrázek 31: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu bez ABS na mokru [vlastní tvorba]	48
Obrázek 32: Graf zpomalení motocyklu s ABS na suchu [vlastní tvorba]	49
Obrázek 33: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na suchu, vpředu [vlastní tvorba]	50
Obrázek 34: Graf průběhu skluzu předního kola s ABS na suchu [vlastní tvorba].....	50
Obrázek 35: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na suchu, vzadu [vlastní tvorba]	51
Obrázek 36: Graf průběhu skluzu zadního kola s ABS na suchu [vlastní tvorba].....	51
Obrázek 37: Graf průběhu sil na předním a zadním kole s ABS na suchu [vlastní tvorba]	52
Obrázek 38: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu s ABS na suchu [vlastní tvorba]	52
Obrázek 39: Graf zpomalení motocyklu s ABS na mokru [vlastní tvorba]	53
Obrázek 40: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na mokru, vpředu [vlastní tvorba]	53
Obrázek 41: Graf průběhu skluzu předního kola s ABS na mokru [vlastní tvorba].....	54

Obrázek 42: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na mokru, vzadu [vlastní tvorba]	54
Obrázek 43: Graf průběhu skluzu zadního kola s ABS na mokru [vlastní tvorba].....	55
Obrázek 44: Graf průběhu sil na předním a zadním kole s ABS na mokru [vlastní tvorba]	55
Obrázek 45: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu s ABS na mokru [vlastní tvorba]	56
Obrázek 46: Přední brzdový třmen J.JUAN s roztečí 100 mm [8]	60
Obrázek 47: Přední brzdový třmen J.JUAN s roztečí 108 mm [9]	61
Obrázek 48: Hlavní přední brzdový válec J.JUAN s průměrem pístku 14 mm [10]	62
Obrázek 49: Hlavní přední brzdový válec J.JUAN radiální s průměrem pístku 16 mm [11]	62
Obrázek 50: Hlavní přední brzdový válec BREMBO radiální s průměrem pístku 15 mm RCS [12] ...	63
Obrázek 51: Zadní pevný brzdový třmen J.JUAN s pístky 2x25 mm [13]	63
Obrázek 52: Hlavní zadní brzdový válec J.JUAN s výměnou pružinou, průměr pístku 12,7 mm [14]	64
Obrázek 53: ABS modul MK 100 MAB (vlevo), senzor rychlosti otáčení kol (vpravo) [15]	65
Obrázek 54: ABS modul BOSCH generace 10 [16]	65
Obrázek 55: ABS moduly čínských výrobců [18] [19].....	66
Obrázek 56: Náhled aktivace senzorů MATLAB Mobile [23]	68
Obrázek 57: GPS zařízení Dragy GPS Performace Box (vlevo), Qstarz BT-Q818XT (vpravo) [24] [25]	68
Obrázek 58: KISTLER HFT senzor.....	69

1 ÚVOD

Potřeba vozidlo zpomalovat, tedy snižovat jeho rychlost, provází vývoj motocyklů odedávna. Zpomalování vozidel se dosahuje za pomoci brzdových systémů, kterých je velké množství druhů. Od již v podstatě nepoužívaných třecích pásů, přes aerodynamické prvky brzdění, až po mechanické bubnové brzdy, či vysoce výkonné brzdy kotoučové. Dnešní moderní brzdové systémy se výhradně zaměřují na využití kotoučových brzd, tento typ je možné velice dobře zahrnout v konstrukci novodobých motocyklů a dají se velice dobře optimalizovat pro potřeby dnešního silničního provozu. Homologační předpisy pro uvedení motocyklu na trh jsou dopodrobna zpracované a určují v podstatě každou konstrukční část motocyklu. Dodržování těchto zásad je velice důležité pro bezpečné provozování vozidel na pozemních komunikacích.

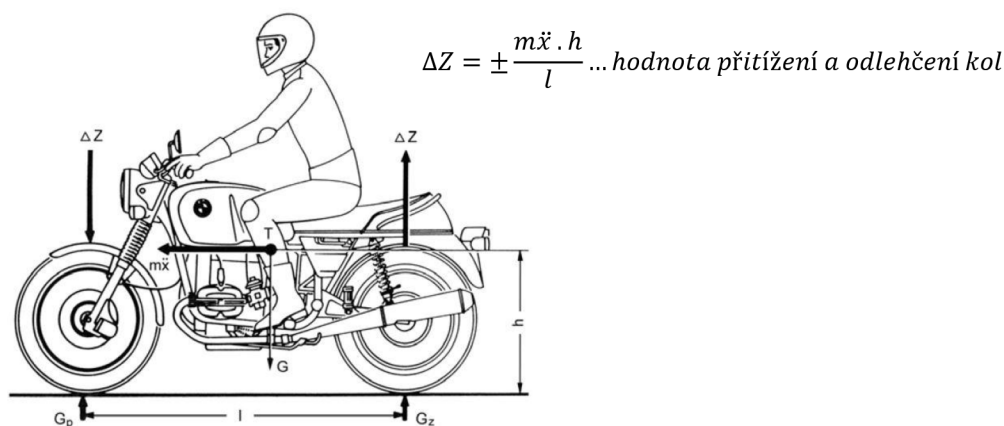
Tato diplomová práce se právě zabývá tématem návrhu brzdového systému motocyklu. Práce shrnuje základní typy brzdových systémů používaných v konstrukci motocyklů. Také popisuje homologační předpisy, principy a typy zkoušek brzdových systémů motocyklů. Celá diplomová práce se zaměřuje výhradně na skupinu motocyklů L3e-A1, tedy dvoukolových motocyklů s nízkým výkonem. Práce obsahuje návrh samotného systému od prvotního kinematického schéma motocyklu se silami působícími na vozidlo, přes simulaci tohoto brzdového systému s využitím protiblokovacího systému i bez něj, až po konkrétní návrh výkonných a ovládacích členů systému.

2 BRZDĚNÍ A SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ

2.1 BRZDĚNÍ

Brzdění vozidla znamená snižování rychlosti vozidla za použití vhodných systémů instalovaných na jednostopém vozidle. Tato motorová vozidla nejlépe brzdí na rovné a suché vozovce při správném rozložení brzdného účinku mezi přední a zadní brzdou motocyklu, kdy je zhruba 60% brzdného účinku přenášeno předním kolem a 40% zadním kolem. Při brzdění jednostopého vozidla je důležité, aby nebyla kola blokována. Blokování kol má za následek prodloužení brzdné dráhy motocyklu a může být i značně nebezpečný pro posádku vozidla, kdy zablokování předního kola může vést až k přepadnutí jezdce přes řídítka a blokace zadního kola ke stáčení vozidla do boku (smyk).

Pro brzdění motocyklu je vhodné vždy využívat obě brzdy současně. Brzděním se přitěžuje přední kolo a zadní odlehčuje, tím se i určuje poměr brzdných účinků. Principiálně je toto řešeno buď oddělenými brzdovými systémy, kdy si jezdec sám určuje brzdný účinek přední a zadní brzdy nebo svázaným brzdovým systémem, který svou konstrukcí sám určuje rozdělení účinků obou brzd. [1]

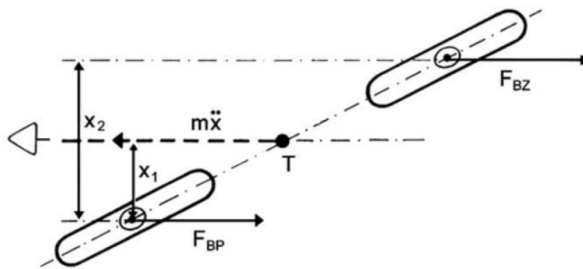


Obrázek 1: Změna zatížení kol [1]

2.2 SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ

Při brzdění se motocykl může vychýlit ze svého daného kurzu a tím se vytváří destabilizující moment. Pro stabilizaci tohoto vychýlení musí tedy být vytvořen stabilizující moment, který ho vyrovná. Pokud je vozidlo brzděno pouze zadním kolem, brzdná síla vytváří moment, který motocykl stabilizuje. Opačný efekt vytváří brzdný moment na předním kole, tedy může nastat situace, kdy se vozidlo vychýlí. Pokud jsou použity brzdy na obou kolech současně, záleží které z kol se zablokuje jako první.

Nastane-li situace, ve které se zablokuje zadní kolo, ztratí se výrazná část stabilizačního účinku zadní brzdy a motocykl se může vychylovat do boku. V opačném případě se výrazně projevuje stabilizační účinek brzdného momentu zadního kola. Z těchto důvodů je nutné vhodně rozdělovat brzdný účinek na kolech motocyklu, tak aby nedošlo k zablokování zadního kola a tím k těžko zvladatelné rotaci vozidla podle svislé osy. Posledním extrémním případem je možnost zablokování obou kol současně, v tomto případě vozidlo daným přímým směrem. Pokud nastane tento případ a na vozidlo ještě působí vnější síly, mohou tyto síly způsobit stáčení vozidla a tím ho destabilizovat.



$m\ddot{x}$... setrvačná síla

F_{BZ} ... brzdná síla zadního kola

F_{BP} ... brzdná síla předního kola

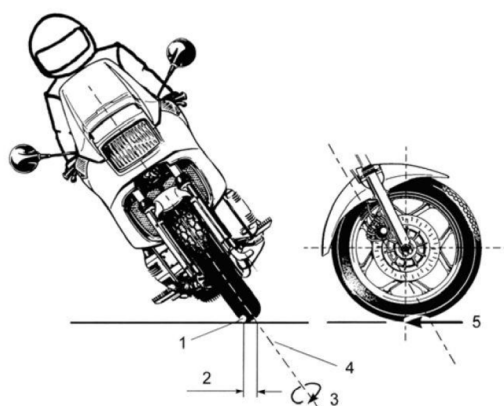
$m\ddot{x} \cdot x_1$... destabilizující moment

$F_{BZ} \cdot x_2$... stabilizující moment

Obrázek 2: Stáčivé momenty při brzdění [1]

Brzdné síly, které je možné přenést mezi vozovkou a pneumatikou, jsou omezeny třecími vlastnostmi mezi touto dvojicí. Mimo brzdných sil mohou na pneumatiky působit i boční síly, které se společně sčítají a jejich výsledek nesmí překročit přílnavé síly třecí dvojice. Při brzdění motocyklu na hraně přílnavosti vede i malá boční síla ke smyku pneumatiky a rotaci vozidla.

Brzdění motocyklu v zatáčce má své zvláštnosti, důvodem je excentricky umístěné působíště brzdné síly způsobené posouváním styku pneumatiky s vozovkou do bočního směru k vnitřní části zatáčky. Brzdny moment tedy vyvolává stáčení předního kola směrem k vnitřku zatáčky, tím je vyvolán gyroskopický moment, který působí na celý motocykl a napřimuje ho směrem ze zatáčky. Tímto směrem působí i setrvačné síly působící na vozidlo, které vznikají nakloněním motocyklu a posunutím těžiště. [1]



1 ... bod styku pneumatiky a vozovky

2 ... rameno síly

3 ... moment v řízení

4 ... osa řízení

5 ... brzdná síla

Obrázek 3: Moment v řízení při brzdění v zatáčce [1]

3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ BRZD JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL

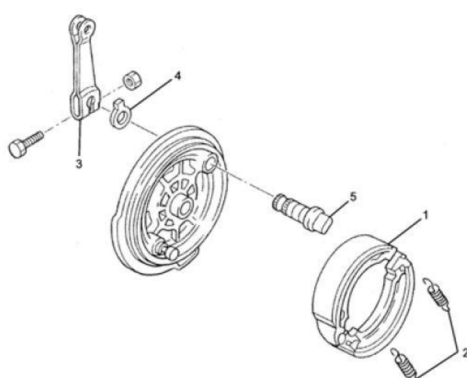
V konstrukci jednostopých vozidel se v zásadě využívají dva typy brzdový systémů. V první řadě to jsou bubnové a kotoučové brzdy, ovládané za pomoci mechanického nebo hydraulického uspořádání. Pro mechanický typ ovládní je pro přenos síly mezi ovládací pákou a činným mechanismem vlastní brzdy využito ocelových lanek, či táhel. Druhým způsobem je využití hydraulických systémů, kde píst ovládaný pákou za pomoci ručního ovládní nebo nožní páky na motocyklu přenáší sílu na hydraulickou kapalinu a ta zase na píst, který ovládá vlastní brzdou. [1] [2]

3.1 MECHANICKÉ BUBNOVÉ BRZDY

Bubnové brzdy jsou složeny ze třech základních částí, brzdový buben, čelisti a rozevírací mechanismus. Buben je spojen s kolem motocyklu, tedy je to rotační část brzdou. Čelisti s rozevíracím mechanismem jsou připevněny na brzdový štít, pevně spojeny s rámem vozidla. Vlastní brzdění je vyvoláno roztažením čelistí na větší průměr a tím jejich přitlačení na vnitřní průměr brzdového bubnu. Tyto brzdy mají své hlavní výhody v uzavřené konstrukci, díky které jsou výkonné členy chráněny před vnějšími vlivy, nečistotami a vodou. Dále mají lepší průběh náběhu brzdného účinku, čelisti se dříve přiblíží na kontakt s brzdovým bubnem. Na vnějším povrchu brzdových čelistí jsou přilepeny nebo přinýtovány segmenty třecího obložení, které zajišťují dobré třecí vlastnosti mezi dvojicí čelisti a bubnem. Zpět od povrchu bubnu stahují čelisti vratné pružiny. [1] [2]

3.1.1 JEDNOČINNÉ BUBNOVÉ BRZDY

Jsou nejjednodušším typem bubnových brzd, při brzdění vyvozují jen malou brzdovou sílu. Jejich konstrukce rozlišuje brzdové čelisti na náběžnou a úběžnou. Kde náběžná čelist je přitlačována svým předním koncem v protisměru otáčení brzdového bubnu, díky tomu je ještě více přitlačována na vnitřní průměr bubnu. Naproti tomu úběžná čelist je díky reakci od otáčejícího se bubnu odtlačována od tohoto povrchu bubnu. Brzda je ovládána jedním tzv. brzdovým klíčem, který roztahuje brzdové čelisti rotačním pohybem. Obě čelisti mají společný otočný bod a rozevírají se od sebe jako nůžky. Tyto brzdy jsou využívány hlavně na zadních kolech lehčích motocyklů. [1] [2]

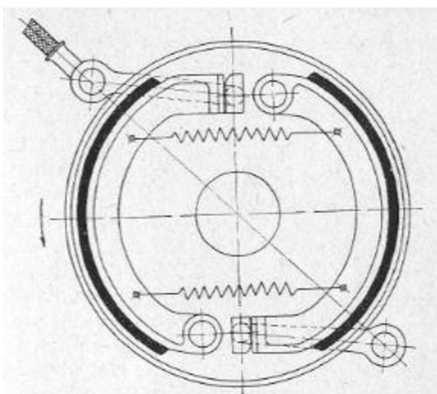


- 1 ... brzdové čelisti
- 2 ... vratné pružiny
- 3 ... páka brzdového klíče
- 4 ... ukazatel opotřebení
- 5 ... brzdový klíč

Obrázek 4: Jednočinná bubnová brzda [1]

3.1.2 DVOJČINNÉ BUBNOVÉ BRZDY

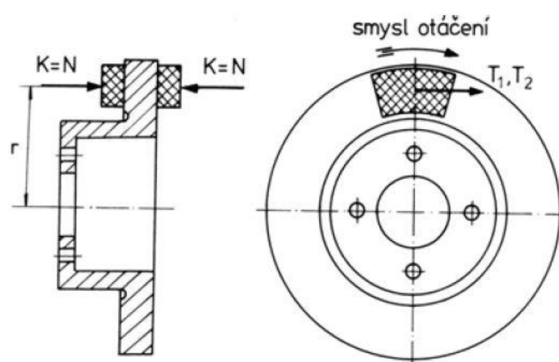
Konstrukce dvojčinných brzd je v zásadě velice podobná konstrukci brzd jednočinných. Výraznou odlišností je využití dvojice ovládacích brzdových klíčů. Brzdové čelisti jsou tedy od sebe roztahovány na obou koncích a tím je lépe využita činná plocha brzdového obložení a mají tedy vyšší účinnost brzdění v jednom směru otáčení kol. Tento typ brzd je možné využít i na předních kolech lehčích motocyklů a zadních kolech i těžkých vozidel. [1] [2]



Obrázek 5: Dvojčinná bubnová brzda [2]

3.2 KOTOUČOVÉ BRZDY

Kotoučové brzdy jsou složeny z několika částí, jednou z hlavních částí je brzdový kotouč. Kotouč je připevněný na náboji kola, otáčí se tedy s kolem motocyklu. Jeho boky tvoří třecí plochy, na které při brzdění působí brzdové obložení. Další hlavní částí jsou tedy brzdové desky s nalepeným brzdovým obložím. Tyto desky jsou uloženy v brzdovém třmenu, který zároveň nese i vlastní hydraulické ovládání tohoto typu brzd. V třmenu jsou brzdové desky umístěny vždy minimálně dvě proti sobě a ovládacím mechanismem jsou vytlačovány právě proti sobě, mezi nimi se nachází brzdový kotouč a je tedy mezi tyto desky svírán, tím je docíleno vzniku tření a tím brzdění.



Obrázek 6: Schéma kotoučové brzdy [1]

Kotoučové brzdy jsou v drtivé většině ovládány hydraulickým systémem a pro přenos tlaku je zde využito nestlačitelné hydraulické brzdové kapaliny. Jezdec působí na páku a tím ovládá hlavní brzdový válec, ten je umístěn na pravé straně řídítek motocyklu, a pokud je hydraulicky ovládána i zadní brzda, nachází se na rámu motocyklu ještě hlavní hydraulický válec zadní brzdy. V blízkosti hlavních brzdových válců se nachází i expanzní nádobka pro danou brzdu, která slouží jako zásobník brzdové kapaliny. Při provozu motocyklu a tím i opotřebováváním brzdového obložení ubývá brzdové kapaliny v nádobce a kapalina se přemísťuje do hydraulického systému.

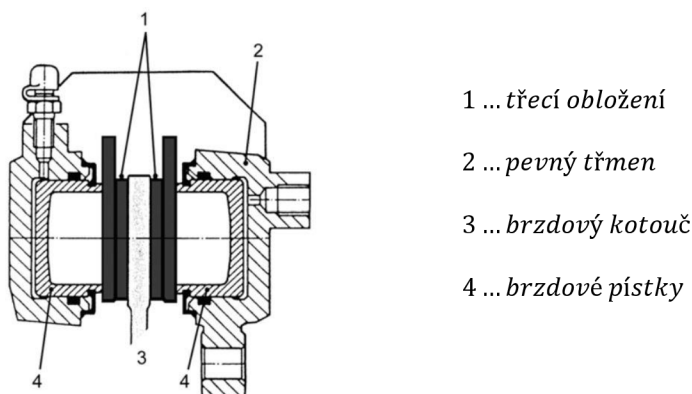
Stlačením brzdové páky se zároveň zatlačí píst do hlavního brzdového válce a díky tomu dojde k působení na brzdovou kapalinu, ta přenáší potrubím a hadicemi tlak do pracovního brzdového válce, či přímo do třmenu brzdy. Díky tomu působí na brzdové pístky a ty přenáší sílu na brzdové desky a tím je vyvolán brzdný účinek. Brzdové pístky jsou v třmenu uloženy v pryžových kroužcích, které se při vysunutí deformují a po uvolnění páky a vytvoření podtlaku v hydraulickém systému napomohou zpětnému oddálení brzdových desek od kotouče.

Jednou z největších výhod kotoučových brzd je jejich velká odolnost proti tepelnému namáhání, také díky konstrukci moderního brzdového obložení. Při využití slinutých materiálů je možné využít vysokého brzdného účinku i za vysokých teplot kotouče i obložení. Další výhodou je jejich vystavení přímému náporu vzduchu při jízdě motocyklu, který je intenzivně chladí. Toto je i jedna z nevýhod těchto brzd, jsou totiž plně vystaveny vnějšímu prostředí, prachu, abrazivům a vodě. Další hlavní nevýhodou je nutnost upevnění brzdového třmenu a kotouče na straně kola, tím při brzdění vzniká nepříjemný klopný moment, který se snaží natáčet kolo do boku. Tento problém se řeší návrhem tužšího uložení vidlice. [1] [2]

3.2.1 KOTOUČOVÉ BRZDY S PEVNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM

Konstrukce těchto brzd dovoluje montáž i na motocykly s omezeným prostorem pro umístění brzdových třmenů. V brzdovém třmenu jsou umístěny vždy proti sobě brzdové pístky, běžně se konstruují se dvěma až šesti brzdovými pístky. Brzdová kapalina tedy působí na všechny pístky současně a tím je tlačí stejnou silou na brzdové destičky, které působí na i na kotouč stejnou silou z obou stran. Kotouč je minimálně namáhán na ohyb a brzdná síla je dobře rozložena na plochu brzdových segmentů.

Uchytení těchto brzd na přední teleskopické vidlici je řešeno pevným spojením. U zadní brzdy je třmen uchycen ke štítu brzdy a zároveň k zadní vidlici a ose kola. [1]

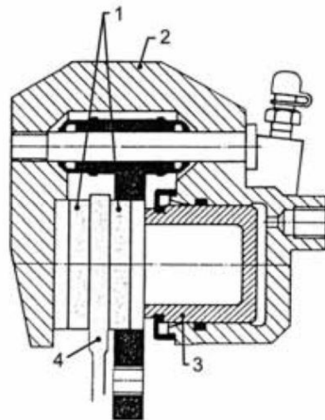


Obrázek 7: Kotoučová brzda s pevným třmenem [1]

3.2.2 KOTOUČOVÉ BRZDY S PLOVOUCÍM BRZDOVÝM TŘMENEM

Plovoucí třmen se vyznačuje brzdovými pístky umístěnými pouze na jedné straně a kluzným uložením ve směru pohybu brzdových pístků. V tomto typu brzdového třmenu se běžně využívá jednoho, či dvou brzdových pístků. Brzdový třmen je běžně uchycen přes vodící čepy k držáku přišroubovanému k přední nebo zadní vidlici, či přímo k rámu motocyklu.

Brzdová kapalina přiváděná do třmenu působí na pístky a vytlačuje je z uložení v třmenu. Pístky přenášejí sílu na brzdové destičky, které při dosednutí na brzdový kotouč vyvodí reakční sílu a díky ní se posune i celý brzdový třmen a dosedne i druhá strana destiček na kotouč. [1]



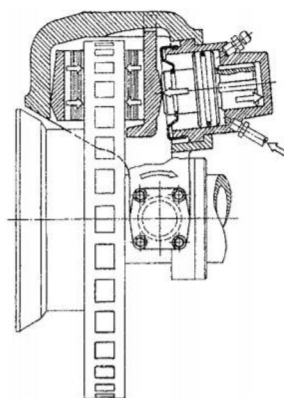
- 1 ... třecí obložení
- 2 ... plovoucí třmen
- 3 ... brzdový pístek
- 4 ... brzdový kotouč

Obrázek 8: Kotoučová brzda s plovoucím třmenem [1]

3.2.3 KOTOUČOVÉ BRZDY S VÝKYVNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM

Výkyvný brzdový třmen má pístek pouze z jedné strany, který tlačí na jednu brzdovou destičku. Třmen je uložený otočně na excentrickém čepu brzdového držáku, který je integrován do spodní části přední teleskopické vidlice.

Vytvořením tlaku v brzdovém systému zmáčknutím páky hlavního brzdového válce se vysune brzdový pístek, který zatlačí na brzdovou destičku. Brzdová destička se tím opře o brzdový kotouč a vybudí se reakční síla, která otočí celým třmenem a tím dosedne i druhá brzdová destička. Brzdové desky působí na kotouč zešikma. Tento typ brzd se používá výhradně na předních kolech. [1]

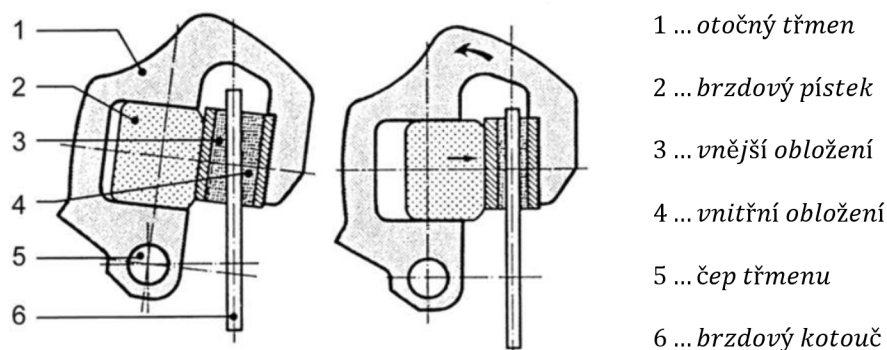


Obrázek 9: Kotoučová brzda s výkyvným třmenem [3]

3.2.4 KOTOUČOVÉ BRZDY S OTOČNÝM BRZDOVÝM TŘMENEM

Otočný brzdový třmen většinou obsahuje jen jeden brzdový pístek, ten je umístěný pouze z jedné strany třmenu. Třmen je uložen na svislém čepu, který umožňuje výkyv. Třmen je omezen v pohybu šroubem s vratnou pružinou a je dělený pro umožnění výměny brzdových destiček.

Při brzdění je vysunut brzdový pístek a přitlačí jednu destičku na kotouč, tím vznikne reakční moment a celý třmen se natočí a přitiskne druhou destičku. [1]



Obrázek 10: Kotoučová brzda s otočným třmenem [1]

3.2.5 KOTOUČOVÉ BRZDY S PLOVOUCÍM BRZDOVÝM KOTOUČEM

Plovoucí brzdový kotouč má možnost se pohybovat do stran vůči uložení kola. Odpadají tedy problémy s vystředěním kotouče při brzdění. Používá se ve spojení s pevným brzdovým třmenem. [1]

3.3 SVÁZANÝ BRZDOVÝ SYSTÉM

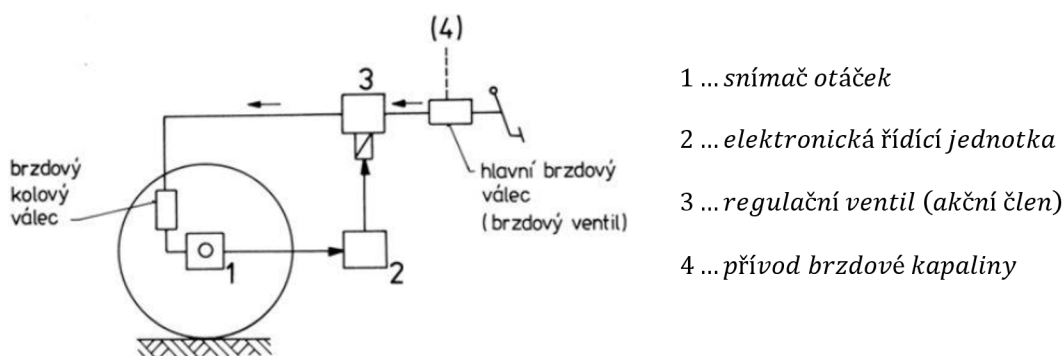
Dávkování a rozdělení brzdných sil není přímo závislé na dovednostech jezdce. Tento brzdový systém umožňuje svázané ovládání přední i zadní brzdy jedním ovládacím prvkem, jak ruční tak nožní pákou. V homologačních prepisech je též označován zkratkou CBS (kombinovaný brzdový systém). Příkladem je systém společnosti Brembo, kde nožní páka ovládá zadní kotoučovou brzdou a jednu ze dvou předních brzd. Při následném použití i ruční páky se aktivuje i druhá přední kotoučová brzda, díky tomu je na předním kole k dispozici dostatečný brzdný účinek. Pro tento systém je tedy ideální použití hydraulických kotoučových brzd. [1]

3.4 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS

Klasické systémy jsou založeny na ovládní pouze silou jezdce, ručním a nožním ovládním, tím je přímo určován tlak v brzdové soustavě a velikost brzdých momentů. Za provozu mohou nastat nečekané situace, kdy je zapotřebí brzdit intenzivně. V těchto situacích může dojít k zablokování kol a ke ztrátě směrové stability. Tyto situace jsou v provozu nebezpečné a je vhodné jim zamezit. Elektronické protiblokovací systémy těmto situacím napomáhají zamezit. ABS systém má za úkol zabránit blokování kol a jejich značnému prokluzu. Pokud systém rozezná zablokování kola, sníží tlak v brzdové soustavě daného blokujícího kola.

Tyto systémy se zpravidla skládají ze tří základních částí a to:

- 1) čidlo neboli snímač, které snímá okamžitou rychlost rotace kola
- 2) elektronická řídicí jednotka
- 3) akční člen, v závislosti na elektrických signálech mění brzdný tlak v brzdovém systému a tím brzdný moment na daném kole



Obrázek 11: Schéma protiblokovacího systému ABS [1]

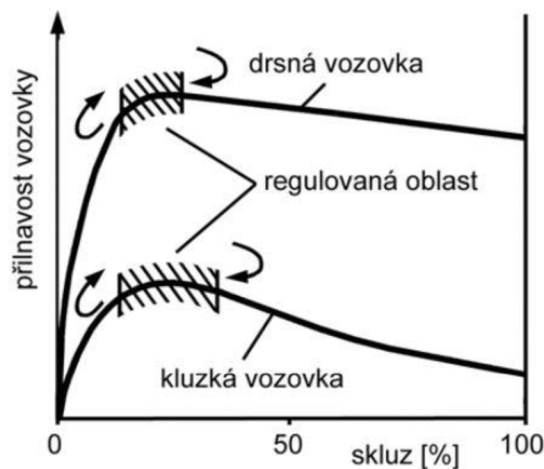
Na systém ABS jsou kladeny základní požadavky a to:

- 1) během regulovaného brzdění musí být zachována říditelnost motocyklu,
- 2) regulace brzdění musí pracovat v celém možném rozsahu rychlostí vozidla,
- 3) regulace musí co nejlépe využívat přilnavost kol k vozovce, říditelnost vozidla je na prvním místě,
- 4) regulace musí být schopna rychlé reakce na změnu přilnavosti vozovky,

- 5) ovladatelnost při brzdění musí být zaručena i na vlnité vozovce a musí rozeznat aquaplaning a vhodně na něj reagovat,
- 6) při rozeznání závady ABS musí být systém vyřazen z činnosti a řidič musí být informován,
- 7) při poruše ABS musí být zachována plná funkčnost brzdového systému.

Brzdění vozidla probíhá nejčastěji při nízkých hodnotách skluzu pneumatiky na vozovce, v této oblasti se zvýšení skluzu projevuje zvýšením brzdné síly na kole. Při dalším zvyšování skluzu se pneumatika dostává do oblastí, kde se skluz projevuje opačným způsobem a brzdná síla se snižuje a kolo se blokuje. Blokuující přední kolo motocyklu téměř nereaguje na pohyby řidítek, vozidlo je tedy neovladatelné.

Protiblokovací systém má za úkol zaručit optimální využití přilnavosti kola a vozovky. Tento systém je nastaven tak, aby pracoval v ideálním rozmezí křivky přilnavosti, kde se maximum pohybuje zhruba ve 20% skluzu. Tento systém omezuje brzdný tlak při skluzu kola a tím dovoluje využití maximální zpomalení vozidla při zachování co nejlepší vodící síle. Skluz je na motocyklu přepočítáván z rozdílu rychlosti vozidla a rychlosti kol. [1]



Obrázek 12: Závislost součinitele přilnavosti na skluzu brzděného kola pro drsný a kluzký povrch [1]

4 NAŘÍZENÍ A HOMOLOGAČNÍ PŘEDPISY

Brzdové systémy jednostopých vozidel jsou popsány a definovány v předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 78 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií L_1, L_2, L_3, L_4 a L_5 z hlediska brzdění [2015/145]. Tento dokument obsahuje veškeré nutné specifikace pro tyto systémy, hlavně požadavky na brzdové systémy, jejich zkoušení a postupy těchto zkoušek. [4]

4.1 KLASIFIKACE MOTOCYKLŮ

Kategorie	Název kategorie	Společná kritéria pro zařazení
L1e-L3e-AxT	Dvoukolová vozidla kategorie L	1) délka ≤ 4000 mm 2) šířka ≤ 2000 mm nebo ≤ 1000 mm u L1e 3) výška ≤ 2500 mm
L1e	Lehké dvoukolové motorové vozidlo	4) se dvěma koly 5) zdvihový objem motoru ≤ 50 cm ³ pro zážehový motor 6) maximální konstrukční rychlost ≤ 45 km/h 7) maximální trvalý jmenovitý nebo netto výkon ≤ 4000 W 8) max. hmotnost = max. technicky přípustná hmotnost dle výrobce
Podkategorie	Název podkategorie	Doplňková kritéria pro zařazení do podkategorie
L1e-A	Motokolo	9) kola určená ke šlapání vybavená pomocným pohonem 10) pomocný pohon je vyřazen z činnosti, při dosažení rychlosti ≤ 25 km/h 11) max. trvalý jmenovitý výkon nebo netto výkon ≤ 1000 W
L1e-B	Dvoukolový moped	12) jakékoli jiné vozidlo kategorie L1e, které nelze zařadit dle kritérií 9) až 11) podkategorie L1e-A
Kategorie	Název kategorie	Společná kritéria pro zařazení
L2e	Tříkolový moped	13) se třemi koly 14) zdvihový objem motoru ≤ 50 cm ³ pro zážehový motor nebo zdvihový objem motoru ≤ 500 cm ³ pro vznětový motor 15) max. konstrukční rychlost ≤ 45 km/h 16) max. trvalý jmenovitý nebo netto výkon ≤ 4000 W 17) provozní hmotnost ≤ 270 kg 18) s dvěma místy k sezení, včetně místa k sezení pro řidiče
Podkategorie	Název podkategorie	Doplňková kritéria pro zařazení do podkategorie
L2e-P	Tříkolový moped určený k přepravě osob	19) vozidlo kategorie L2e, který nesplňuje kriteria pro zařazení do kategorie L2e-U užitkový tříkolový moped
L2e-U	Užitkový tříkolový moped	20) vozidlo určené výlučně k přepravě zboží, s otevřenou nebo uzavřenou, v podstatě rovnou vodorovnou ložnou plochou, které splňuje alespoň jedno z těchto kritérií: a) $délka_{ložné\ plochy} \times šířka_{ložné\ plochy} \geq 0,3 \times délka_{vozidla} \times maximální\ šířka_{vozidla}$ b) odpovídající prostor ložné plochy podle výše uvedené definice, užívaný k instalaci strojů nebo

		zařízení c) ložný prostor jednoznačně oddělený pevnou přepážkou od prostoru pro osádku d) ložný prostor s minimální kapacitou 600 mm ³
Kategorie	Název kategorie	Společná kritéria pro zařazení
L3e	Dvoukolový motocykl	21) se dvěma koly 22) max. hmotnost = max. technicky přípustná hmotnost dle výrobce 23) dvoukolové vozidlo, které nelze zařadit do kategorie L1e
Podkategorie	Název podkategorie	Doplňková kritéria pro zařazení do podkategorie
L3e-A1	Motocykl s nízkým výkonem	24) zdvihový objem motoru ≤ 125 cm ³ 25) max. trvalý jmenovitý nebo netto výkon ≤ 11 kW 26) poměr výkonu ke hmotnosti ≤ 0,1 kW/kg
L3e-A2	Motocykl se středním výkonem	27) max. trvalý jmenovitý nebo netto výkon ≤ 35 kW 28) poměr výkonu ke hmotnosti ≤ 0,2 kW/kg 29) není odvozeno od vozidla vybaveného motorem s více než dvounásobným výkonem 30) vozidlo kategorie L3e, které nelze zařadit podle doplňkových kritérií podkategorie L3e-A1
L3e-A3	Motocykl s vysokým výkonem	31) jakékoli jiné vozidlo kategorie L3e, jež nelze zařadit podle kritérií podkategorií podkategorií L3e-A1 nebo L3e-A2
L3e-AxE (x=1, 2, 3)	Motocykl enduro	32) výška sedla ≥ 900 mm 33) světlá výška nad vozovkou ≥ 310 mm 34) celkový převodový poměr při nejvyšším převodovém stupni (primární převod. poměr x druhotný převod. poměr převodovky při max. rychlosti x převod. poměr koncového převodu) ≥ 6 35) hmotnost v provozním stavu plus hmotnost pohonné baterie v případě elektrického nebo hybridního pohonu < 140 kg 36) bez místa k sezení pro spolujezdce
L3e-AxT (x=1, 2, 3)	Motocykl trial	37) výška sedla ≤ 700 mm 38) světlá výška nad vozovkou ≥ 280 mm 39) kapacita palivové nádrže < 4 litry 40) celkový převodový poměr při nejvyšším převodovém stupni (primární převod. poměr x druhotný převod. poměr převodovky při max. rychlosti x převod. poměr koncového převodu) ≥ 7,5 41) hmotnost v provozním stavu < 100 kg 42) bez místa k sezení pro spolujezdce

Tabulka 1: Klasifikace vozidel [5]

4.2 DEFINICE OBSAHU PŘEDPISU

Tato část práce obsahuje prvky a výrazy pro brzdový systém používaný na jednostranných vozidlech, vysvětluje jejich princip a funkci v brzdovém systému.

Základní zkouškou se rozumí zastavení nebo série zastavení vykonaných za účelem ověření účinnosti brzd před provedením dalších zkoušek, jakými jsou například postup zahřívání nebo zastavení s mokkými brzdami. Brzda je chápána jako část brzdového systému, ve které se vyvíjí síly, které poté vyvolávají odpor proti pohybu vozidla. Brzdový systém sestává ze souboru součástí systému bez motoru. Skládá se z ovládacího prvku, převodu a brzdy. Jeho funkcí je postupné snižování rychlosti jedoucího vozidla, jeho zastavení a udržení v nehybném stavu, pokud je zastaven. Kombinovaným brzdovým systémem (CBS) se rozumí u vozidel kategorií L_1 a L_3 provozní brzdový systém, u něhož se jediným ovládacím prvkem aktivují nejméně dvě brzdy na různých kolech. Konstruktivní část brzdového systému je jedna ze samostatných částí, jejichž soubor tvoří brzdový systém. Ovládací prvek je část systému, kterou řidič přímo ovládá a tím dodává i kontroluje energii potřebnou pro brzdění vozidla prostřednictvím převodu. Hmotnost řidiče je určena jako jmenovitá hmotnost **75 kg**, ta se skládá ze **68 kg** hmotnosti cestujícího na sedadle motocyklu a **7 kg** hmotnosti zavazadel. Odpojený motor je chápán jako stav, kdy motor již není spojen s poháněným kolem vozidla. Celková nebo maximální hmotnost vozidla je maximální technicky přípustná hmotnost naloženého vozidla předepsaná výrobcem. Počáteční teplota brzdy je definována jako teplota nejteplejší brzdy před jakýmkoli brzděním. Naložené vozidlo je takové, kdy je dosaženo právě maximální hmotnosti vozidla nebo maximální technicky přípustné hmotnosti vozidla. Mírně naložené vozidlo je vozidlo s provozní hmotností s přídatkem **15 kg** hmotnosti zkušebního vybavení nebo hmotnosti naloženého vozidla, podle toho, která z hodnot je menší. V případě zkoušky protiblokovacího brzdového systému je tato hmotnost **30 kg**, díky započítání hmotnosti pomocných stabilizačních podpěr motocyklu. Hmotnost v provozním stavu vozidla je součet pohotovostní hmotnosti motocyklu a hmotnosti řidiče.

Maximálním brzdovým koeficientem se rozumí koeficient tření mezi pneumatikou a povrchem vozovky změřený při maximálním zpomalení valící se pneumatiky. Brzdový systém s posilováním je systém, v němž energii potřebnou k vyvinutí brzdné síly dodává svou silou řidič a tomu pomáhá jedno nebo více zařízení, které dodává energii například podtlakovým posilovačem. Provozní brzdový systém se využívá na zpomalení vozidla za jízdy. Jednookruhový brzdový systém brzdí pouze jedno kolo motocyklu. Víceokruhový provozní brzdový systém je totožný se svázaným brzdovým systémem motocyklu uvedeným v odstavci 3.3. Brzdnou drahou motocyklu je dráha, kterou vozidlo ujede od místa, kde řidič aktivuje ovládací prvek brzdového systému. Zkoušky, kde je zapotřebí aktivovat oba ovládací prvky, měří se dráha od místa aktivace prvního ovládacího prvku.

Zkušební rychlost vozidla je rychlost měřená v okamžiku, kdy řidič aktivuje ovládací prvek nebo prvky brzdového systému. Rychlost vozidla se měří v bodě aktivace prvního ze dvou ovládacích prvků, když je zapotřebí u zkoušky aktivovat oba ovládací prvky. Převod brzdového systému je soubor konstrukčních částí, který zajišťuje spojení mezi ovládacím prvkem a samotnou brzdou. Pohotovostní hmotnost vozidla je jmenovitá hmotnost vozidla dle údajů výrobce, včetně všech součástí a zařízení pro provoz vozidla a je těmito součástmi vybaveno již z výroby. Tato hmotnost zahrnuje chladící kapalinu, oleje, 90 procent paliva a 100 procent jiných plynů nebo kapalin potřebných pro provoz vozidla, které jsou stanovené výrobcem. Typem vozidla se rozumí vozidla spadající do některé z podkategorií kategorie vozidel L, uvedené v odstavci 4.1. Maximální rychlostí V_{max} je rychlost dosažitelná největším možným zrychlením z pevného startu do vzdálenosti 1600 metrů na rovném povrchu s mírně naloženým vozidlem nebo rychlost měřená podle normy ISO 7117:1995. [4]

4.3 POŽADAVKY NA BRZDOVÝ SYSTÉM

Vozidlo musí být konstruováno tak, aby řidič mohl aktivovat ovládací prvek provozního brzdového systému vsedě v normální jízdě poloze a s oběma rukama na ovládacím prvku řízení. Jednostopé vozidlo kategorie L3 musí být vybavena buď dvěma samostatnými provozními brzdovými systémy nebo víceokruhovým provozním brzdovým systémem s nejméně jednou brzdou působící na přední kolo a nejméně jednou brzdou působící na zadní kolo. Při používání převodu brzdné síly hydraulické kapaliny, musí mít hlavní válec utěsněnou, uzavřenou a samostatnou nádrž pro každý brzdový systém. Nádrž musí mít minimálně 1,5 násobek celkového objemu vytlačené kapaliny, hladina kapaliny musí být viditelná i bez otevření krytu nádrže.

Veškeré kontrolky musí být umístěny v řidičově výhledu, vozidla s víceokruhovým provozním brzdovým systémem musí být vybavena červenou kontrolkou, která se rozsvítí, dojde-li k chybě hydraulického zařízení při působení síly menší než 90 N na ovládací prvek. Také pokud dojde k poklesu hladiny brzdové kapaliny na úroveň stanovenou výrobcem nebo na úroveň menší než polovina objemu nádrže na brzdovou kapalinu a to bez aktivace ovládacího prvku brzdového systému, pro dělený brzdový systém, tedy pro každé kolo ovládané zvlášť. Pro kontrolu funkce se kontrolka rozsvítí při aktivaci spínače zapalování a po dokončení kontroly zhasne, při poruše musí zůstat kontrolka rozsvícená, kdykoli je spínač zapalování v poloze zapnuto. Pokud je motocykl vybaven systémem ABS musí být vybaven žlutou kontrolkou, ta se musí rozsvítit kdykoliv dojde k poruše, která ovlivňuje generování nebo předávání signálů v systému ABS. Pro kontrolu funkce se kontrolka rozsvítí při zapnutí spínače zapalování a po dokončení zhasne. Při poruše musí zůstat svítit po celou dobu zapnutého zapalování.

Na brzdový systém jsou kladeny také požadavky ohledně životnosti. Opotřebením brzd musí být možné vyrovnávat automatickým nebo ručním seřizovacím systémem. Třecí materiál musí být viditelný a musí být možné kontrolovat jeho sílu bez demontáže nebo musí být dostupný přípravek na posouzení jeho síly. Během zkoušek dle předpisu EHK OSN č. 78 a po jejich dokončení nesmí dojít k žádnému poškození, uvolnění, či úniku brzdové kapaliny. [4]

4.3.1 MĚŘENÍ DYNAMICKÉ ÚČINNOSTI

Účinnost brzdového systému je možné určit třemi základními způsoby, výpočtem středního plného brzdného zpomalení, výpočtem brzdné dráhy a měřením kontinuálního záznamu zpomalení. [4]

4.3.1.1 STŘEDNÍ PLNÉ BRZDNÉ ZPOMALENÍ

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25,92 \cdot (S_e - S_b)} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Kde:

d_m ... střední plné zpomalení

V_1 ... rychlost vozidla v momentě, kdy řidič aktivuje ovládací prvek v km/h

V_b ... rychlost vozidla při 0,8 V_1 v km/h

V_e ... rychlost vozidla při 0,1 V_1 v km/h

S_b ... ujetá vzdálenost mezi V_1 a V_b v metrech

S_e ... ujetá vzdálenost mezi V_1 a V_e v metrech [4]

4.3.1.2 BRZDNÁ DRÁHA

Vychází ze základního vztahu pro pohyb:

$$S = 0,1 \cdot V + (X) \cdot V^2$$

kde:

S... brzdná dráha v metrech

V... počáteční rychlost v km/h

X... proměnná na základě požadavku pro každou zkoušku

Pro výpočet korigované brzdné dráhy za použití skutečné zkušební rychlosti vozidla se použije vztah:

$$S_s = 0,1 \cdot V_s + (S_a - 0,1 \cdot V_a) \cdot \frac{V_s^2}{V_a^2}$$

kde:

S_s ... korigovaná brzdná dráha v metrech

V_s ... požadovaná zkušební rychlost vozidla v km/h

S_a ... skutečná brzdná dráha v metrech

V_a ... skutečná zkušební rychlost vozidla v km/h

tento vztah platí pouze tehdy, pokud je skutečná rychlost vozidla V_a rovna požadované rychlosti $V_s \pm 5$ km/h [4]

4.3.1.3 KONTINUÁLNÍ ZÁZNAM ZPOMALENÍ

Tento způsob záznamu se využívá při zabíhání a zkouškách, jako zastavení s mokkými brzdami, či slábnutí účinnosti brzd díky zahřívání. Při tomto způsobu záznamu zpomalení se od okamžiku aktivace ovládacího prvku zaznamenává zpomalení až do úplného zastavení vozidla. [4]

4.4 PODMÍNKY ZKOUŠKY

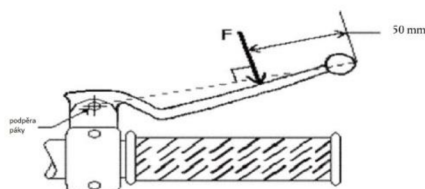
Základním předpokladem je zvolení vhodných předpisem stanovených zkušebních povrchů. Zkušební povrchy jsou rozděleny na dva základní typy, a to povrch s vysokým a nízkým třením. Povrch s vysokým třením je použitelný pro všechny dynamické brzdové zkoušky s výjimkou zkoušek systému ABS, kde se požaduje povrch s nízkým třením. Zkušební plochou je čistý a rovný povrch se sklonem ≤ 1 procento. Povrch musí mít nominální brzdňý koeficient 0,9, pokud se nestanoví jinak. Povrch s nízkým třením je použitelný stejně jako povrch s vysokým třením, ale jeho nominální brzdňý koeficient je $\leq 0,45$. Maximální brzdňý koeficient se měří dvěma možnými způsoby. Jedním ze způsobů je použití standardní referenční zkušební pneumatiky Americké společnosti pro zkoušení a materiály (ASTM) E1136-93 metodou ASTM E1337-90, při rychlosti 40 mil za hodinu. Druhou možností je použití zkoušky, při které se pro určitý počet zastavení aktivují různou silou ovládací prvky brzd. Obě kola musí být brzděna současně až do okamžiku těsně před zablokováním kol, aby bylo dosaženo maximálního zpomalení vozidla na zkušebním povrchu. Maximální hodnota zpomalení, je hodnota nejvyšší zaznamenaná během zkoušky. Maximální brzdňý koeficient se vypočítá ze zkušebního zastavení při maximálním zpomalení za pomoci vztahu:

$$PBC = \frac{0,566}{t}$$

Kde t značí čas potřebný ke snížení rychlosti ze 40km/h na 20 km/h v sekundách. Pro vozidla, která nemohou dosáhnout rychlosti 50 km/h se čas t v sekundách potřebný ke snížení rychlosti vozidla určí z $0,8 v_{\max}$ na $0,8 v_{\max} - 20$ (v km/h).

Ostatní podmínky zkoušky zahrnují šířku jízdního pruhu, která je pro kategorii L3 stanovena na 2,5 metru. Dále okolní teplotu, ta je dána rozmezím od 4 do 45 °C. Rychlost větru nesmí přesahovat 5 m/s a povolená odchylka zkušební rychlosti vozidla je ± 5 km/h, v případě větší odchylky se skutečná brzdňá dráha stanoví dle odstavce 4.3.1.2. Před každou fází zkoušky brzdění je vozidlo umístěno na střed zkušebního jízdního pruhu a zastavení musí probíhat, aniž by se kola dostala z jízdního pruhu a blokovala se.

Na ovládací prvky brzdového systému působí síly vyvozené rukou, či nohou řidiče. Tyto síly mají předepsané umístění na páce a také svou maximální velikost. Na ruční ovládací páku síla působí kolmo k ose podpěry na čelní rovinu páky a má působíště 50 mm od nejvzdálenějšího bodu páky v rovině procházející středem otáčení páky a jejím nejvzdálenějším bodem.



Obrázek 13: Působíště síly na ruční ovládací páce [4]

Na nožní ovládací prvek síla působí v pravém úhlu a na střed pedálu.

Teplota brzd je během probíhajících zkoušek měřena zhruba ve středu brzdné trasy kotouče za použití třecího termočlánku, který je v kontaktu s povrchem disku, anebo termočlánkem zabudovaným do třecího materiálu. [4]

4.5 ZKOUŠKY BRZDOVÉHO SYSTÉMU

Zkoušky brzdového systému mají danou posloupnost pořadí, ve kterém po sobě následují.

4.5.1 ZASTAVENÍ NA SUCHU S AKTIVACÍ JEDNOHO OVLÁDACÍHO PRVKU BRZD

První zkouškou je zastavení na suchu s použitím jednoho ovládacího prvku brzd. Tato zkouška je prováděna u všech kategorií motocyklů v naloženém stavu, při maximální provozní hmotnosti. U vozidel vybavených svázaným brzdovým systémem se zkouší také v mírně naloženém stavu, k provozní hmotnosti je přidáno 15 kg. Počáteční teplota brzd se musí pohybovat v rozmezí 55 až 100 °C. Rychlost vozidel kategorie L3 je stanovena předpisem na 60 km/h nebo 0,9 v_{max} , dle toho která z rychlostí je nižší. Na ruční ovládací prvek smí působit síla ≤ 200 N, u nožního ovládacího prvku je tato síla stanovena na hodnotu ≤ 350 N. Tato zkouška se provádí v maximálním možném počtu 6 zastavení. Zkouška má stanovené požadavky na účinnost, pro jednookruhový brzdový systém při brzdění pouze přední brzdou je požadavek na maximální brzdovou dráhu stanoven vztahem:

$$S \leq 0,1 V + 0,0087 V^2$$

zároveň musí splňovat požadavky na střední plné brzdné zpomalení s hodnotou $\geq 4,4$ m/s^2 . Pro jednookruhový brzdový systém při brzdění pouze zadního kola je dán vztah:

$$S \leq 0,1 V + 0,0133 V^2$$

zároveň má dané střední plné brzdné zpomalení $\geq 2,9 \text{ m/s}^2$. Pro vozidla se svázaným brzdovým systémem nebo víceokruhovým brzdovým systémem je dán vztah:

$$S \leq 0,1 V + 0,0076 V^2$$

zároveň hodnota $\geq 5,1 \text{ m/s}^2$ pro střední plné brzdné zpomalení. [4]

4.5.2 ZASTAVENÍ NA SUCHU S AKTIVACÍ VŠECH OVLÁDACÍCH PRVKŮ BRZD

Druhým typem zkoušky je zkouška zastavení na suchu s aktivací všech ovládacích prvků provozních brzd. Provádí se u mírně naloženého vozidla, se stejnou počáteční teplotou brzd jako u první. Provádí se z počáteční zkušební rychlosti 100 km/h nebo $0,9 v_{\max}$, dle toho která rychlost je nižší. Síla působící na ruční ovládací prvek je dána maximální mezí $\leq 250 \text{ N}$ a u nožního ovládacího prvku je pro kategorii L3e stanovena na $\leq 400 \text{ N}$. Počet zastavení je stejný jako u předchozí zkoušky. Požadavky na účinnost jsou dány vztahem pro brzdou dráhu S v metrech a je závislá na požadované zkušební rychlosti V v km/h:

$$S \leq 0,006 V^2. [4]$$

4.5.3 VYSOKORYCHLOSTNÍ ZKOUŠKA

Vysokorychlostní zkouška se u kategorie L3 provádí, pokud vozidlo má $v_{\max} \geq 125 \text{ km/h}$. Provádí se s mírně naloženým vozidlem se zapojeným motorem. Teplota brzd se musí pohybovat ve stejném rozmezí jako u předchozích zkoušek. Zkušební rychlosti jsou rozdílné, dle konstrukčních rychlostí vozidla, dané výrobcem vozidla. Pro vozidla s $v_{\max} > 125 \text{ km/h}$ a $< 200 \text{ km/h}$ je rychlost dána hodnotou $0,8 v_{\max}$. Pro vozidla s $v_{\max} \geq 200 \text{ km/h}$ je zkušební rychlost stanovena na hodnotu 160 km/h.

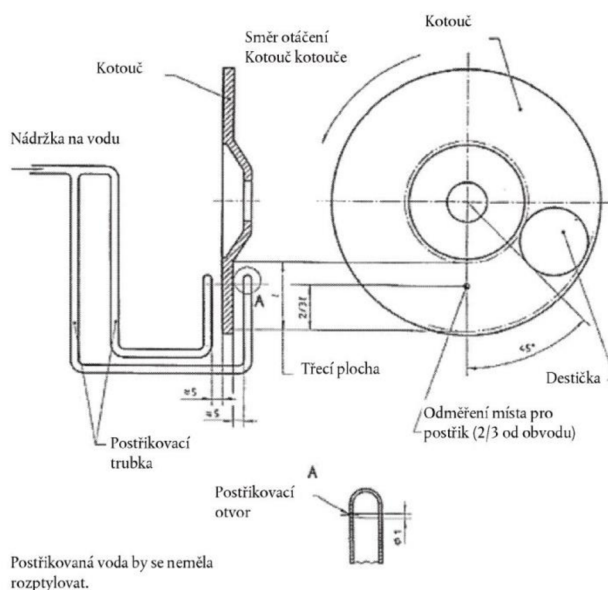
Na ruční páku smí působit síla $\leq 200 \text{ N}$ a na nožní páku síla $\leq 350 \text{ N}$. Počet zastavení je opět dán na maximální hodnotu 6. Tato zkouška má dané požadavky na účinnost brzdou drahou (S) v metrech, která je závislá na zkušební rychlosti (V) v km/h a její hodnota se určí vztahem:

$$S \leq 0,1 V + 0,0067 V^2$$

a zároveň musí hodnota středního plného brzdného zpomalení dosahovat $\geq 5,8 \text{ m/s}^2$. [4]

4.5.4 ZASTAVENÍ S MOKRÝMI BRZDAMI

Zkouška zastavení s mokřými brzdami se skládá ze dvou částí. První část vychází z již popsané zkoušky zastavení na suchu s aktivací jednoho ovládacího prvku brzd. Druhou částí je vlastní zkouška s mokřými brzdami. Tato část obsahuje jediné zastavení s mokřými brzdami při použití stejných parametrů jako v první části. Pro vykonání zkoušky musí být vozidlo vybaveno zařízením, které umožňuje kontinuální záznam síly aktivující ovládací prvek brzd a zpomalení vozidla. Pro tento typ zkoušky není vhodné používat metody měření středního plného brzdného zpomalení a brzdné dráhy. Vozidla vybavená víceokruhovým nebo svázaným brzdovým systémem se zkouška provádí nejen v naloženém stavu, ale také v mírně naloženém stavu vozidla s odpojeným motorem. Brzdy jsou vybaveny postřikovacím zařízením, které na každou z brzd rozstříkuje vodu s průtokem 15 litrů za hodinu a musí být rovnoměrně rozdělena na obě strany třecích ploch kotouče. Při zakrytované části rotoru se postřik aplikuje 45° před tímto krytem. Pokud není možné umístit rozstřikovací trysku umístit na zobrazené místo, je možné ji posunout o maximálně 90° směrem vpřed od okraje brzdové destičky na stejném poloměru.



Obrázek 14: Postřikovací zařízení na kotoučové brzdě [4]

První část této zkoušky se provede s postupem již popsaným, ale za podmínek kdy se na ovládací prvek brzdy působí silou, která má za následek zpomalení vozidla v rozmezí 2,5 až 3 m/s^2 . V této části zkoušky se stanoví průměrná síla aktivující ovládací prvek brzd mezi 80 a 10% požadované zkušební rychlosti, dále se stanoví zpomalení vozidla v čase 0,5 až 1 sekundu od momentu aktivace ovládacího prvku brzd a v poslední řadě maximální zpomalení vozidla během celého zastavování, kromě posledních 0,5 sekundy. Následuje postup zastavení s mokkými brzdami, kdy je instalován postřikový systém brzd a vozidlo se pohybuje danou zkušební rychlostí. Po ujetí minimální vzdálenosti 500 metrů se aktivuje ovládací prvek brzdy silou stanovenou v předchozí části zkoušky a změří se zpomalení v čase 0,5 až 1 sekunda a změří se maximální zpomalení během celého zastavování mimo poslední 0,5 sekundy. Tento typ zkoušky má opět dané své požadavky na účinnost, hodnoty zpomalení v čase 0,5 až 1 sekunda od aktivace ovládacího prvku brzdy musí dosahovat hodnoty $\geq 60\%$ hodnoty naměřené se suchými brzdami. Zároveň hodnoty maximálního zpomalení musí být $\leq 120\%$ průměrných hodnot zkoušky se suchými brzdami, mimo poslední půl sekundy. [4]

4.5.5 SLÁBNUTÍ ÚČINNOSTI BRZD ZAHŘÍVÁNÍM

Dalším typem je zkouška slábnutí účinnosti brzd zahříváním. Ta se skládá ze tří částí, které se provádějí postupně pro každý brzdový systém. V první části se využívá typ zkoušky zastavení na suchu s aktivací jednoho ovládacího prvku brzd, druhá část zahrnuje proces zahřívání, který se skládá z opakovaných zastavení pro ohřev brzd. Třetí částí zastavení se zahřátými brzdami, probíhající jako první část, v této části se měří účinnost brzd po procesu zahřívání. Veškerá zastavení se při této zkoušce provedou s naloženým vozidlem a s výbavou pro kontinuální zaznamenání síly působící na aktivující prvek a zpomalení vozidla. V první části zkoušky a zastavení s ohřátými brzdami lze využít měření středního plného brzdného zpomalení nebo brzdné dráhy. Při procesu zahřívání brzd je pro počátek zkoušky dáno rozmezí teplot 55 až 100°C a zkušební rychlosti. Ty jsou dány dle toho, o jaký brzdový systém se jedná. Pro jednokruhový brzdový systém při brzdění jen brzdou na předním kole je rychlost dána na hodnotu 100 km/h nebo 0,7 v_{max} , dle toho která je nižší. Při brzdění pouze zadní brzdou je to 80 km/h nebo 0,7 v_{max} , dle toho která je nižší. Pro vícekruhový nebo svázaný brzdový systém je to rychlost 100 km/h nebo 0,7 v_{max} , dle toho která je nižší. Každý z ovládacích prvků se aktivuje zvlášť. Při prvním zastavení se na ovládací prvek působí silou, která vede ke zpomalení vozidla v rozmezí 3 až 3,5 m/s^2 během zpomalování z 80 na 10% požadované rychlosti, případně je možné využít vztahy pro brzdnou dráhu, či hodnoty pro střední plné brzdné zpomalení popsané v prvním typu zkoušky, zastavení na suchu s použitím jednoho ovládacího prvku brzd. Další zastavení probíhají se stejnou silou aktivující ovládací prvek brzdy jako při prvním zastavení.

V této části proběhne 10 zastavení s intervalem mezi zastaveními 1000 metrů. Po každém zastavení se vozidlo okamžitě znovu zrychlí na požadovanou rychlost, na které setrvá do dalšího zastavení. Po splnění postupu a podmínek již popsaných pro zahřátí brzd je postup následovný, provede se jediné zastavení vozidla s podmínkami shodnými se zkouškou zastavení na suchu při aktivaci jednoho ovládacího prvku brzd. Toto zastavení se provede do jedné minuty od dokončení postupu zahřívání brzd s použitím síly aktivující brzdový prvek stejným nebo menším jako v první zkoušce. Požadavky na účinnost takto zkoušených brzd jsou dány vztahem:

$$S_2 \leq 1,67S_1 - 0,67 \times 0,1V,$$

kde S_1 značí korigovanou brzdnou dráhu v metrech dosaženou v první části této zkoušky. S_2 je korigovaná brzdná dráha v metrech dosažená při zastavení se zahřátými brzdami a V je požadovaná zkušební rychlost v km/h. Jinou možností je porovnat střední plné brzdné zpomalení naměřené při zkoušce se zahřátými brzdami se středním plným brzdným zpomalením naměřeným v první části zkoušky, a to musí být $\geq 60\%$ tohoto zpomalení. [4]

4.5.6 ZKOUŠKY ABS

Jelikož musejí být všechna nová vozidla kategorie L3e-A1 vybavena buď protiblokovacím systémem ABS nebo kombinovaným brzdným systémem nebo zároveň oběma typy brzdných systémů, dle volby výrobce vozidla, je nutné mít pro systém ABS předepsanou zkoušku. Tyto zkoušky mají za úkol potvrdit účinnost brzdových systémů vybavených ABS a zároveň také účinnost při elektrické poruše tohoto systému. Tento systém má za úkol plné cyklování, což znamená, že systém opakovaně mění brzdnou sílu kvůli zabránění blokování přímo řízených kol. Ačkoliv blokování kol je přípustné, ale nesmí být ovlivněna stabilita vozidla do míry, kdy musí řidič uvolnit ovládací prvek nebo by blokování kola způsobilo vyjetí kol mimo zkušební jízdní pruh. Zkoušky ABS zahrnují šest jednotlivých zkoušek, které je možno provádět v jakémkoli pořadí. Veškeré tyto zkoušky se provádějí v mírně naloženém stavu vozidla a s odpojeným motorem. [4]

4.5.6.1 ZASTAVENÍ NA POVRCHU S VYSOKÝM TŘENÍM

Jednou ze zkoušek je zastavení na povrchu s vysokým třením, za podmínek počáteční teploty brzd v rozmezí 55 až 100°C a zkušební rychlostí 60 km/h nebo 0,9 v_{max} , dle toho která z nich je nižší. Zkouška je prováděna za současné aktivace ovládacích prvků provozního brzdového systému, zároveň ovládacího prvku jednookruhového brzdového systému, když má vozidlo provozní brzdový systém, který působí na všechna kola. Na ovládací prvek brzdového systému je nutné vyvinout takovou sílu, která zajistí plné cyklování ABS během celé doby zastavování vozidla, až do rychlosti 10 km/h. Pokud je vozidlo vybavenou systémem ABS pouze na jednom kole, musí síla vyvinutá na kolo bez ABS dosahovat hodnoty takové, aby toto kolo neblokovalo. Tato zkouška se provádí v takovém počtu zastavení, dokud není dosaženo požadované účinnosti, maximálně však 6 zastavení. Při tomto typu zkoušky jsou dány požadavky na účinnost, brzdná dráha S je dána vztahem:

$$S \leq 0,0063 V^2,$$

kde V značí požadovanou zkušební rychlost v km/h a S je brzdná dráha v metrech nebo musí být střední plné brzdné zpomalení $\geq 6,17 \text{ m/s}^2$ a nesmí dojít k blokování kol a vozidlo musí zůstat ve zkušebním jízdním pruhu. [4]

4.5.6.2 ZASTAVENÍ NA POVRCHU S NÍZKÝM TŘENÍM

Druhým typem zkoušky je zastavení na povrchu s nízkým třením, tato zkouška má veškeré postupy stejné jako zkouška na povrchu s vysokým třením, pouze požadavky na účinnost se liší. Ty jsou dány vztahem pro brzdnou dráhu:

$$S \leq 0,0056 \frac{V^2}{P},$$

kde V je požadovaná zkušební rychlost v km/h a P je maximální brzdový koeficient, S je brzdná dráha v metrech nebo musí být střední plné brzdné zpomalení $\geq 6,87 \times P$ v m/s^2 a nesmí dojít k blokování kol a vozidlo musí zůstat ve zkušebním jízdním pruhu. [4]

4.5.6.3 KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL NA POVRCHU S VYSOKÝM A NÍZKÝM TŘENÍM

Dalším typem zkoušky je kontrola blokování kol na povrchu s vysokým a nízkým třením. Počáteční teplota brzd je dána rozmezím 55 až 100°C. Pro povrch s vysokým třením je dána zkušební rychlost hodnotou 80 km/h nebo $0,8 v_{max}$, dle toho která je nižší, pro povrch s nízkým třením je to hodnota 60 km/h nebo $0,8 v_{max}$. Je-li vozidlo vybaveno systémem ABS na obou kolech, aktivují se oba ovládací prvky brzd současně. Při této zkoušce se použije taková síla, která zajistí plné cyklování systému ABS během celé doby zastavování až do rychlosti 10 km/h. Tato síla se vyvíjí 0,2 až 0,5 sekundy. Zkouška se provádí do doby, než jsou splněny požadavky na účinnost, ale maximálně 3 zastavení vozidla. Při této zkoušce nesmí dojít k zablokování kol a vozidlo se nesmí dostat ze zkušebního jízdního pruhu. [4]

4.5.6.4 KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL PŘI PŘECHODU Z POVRCHU S VYSOKÝM TŘENÍM NA POVRCH S NÍZKÝM TŘENÍM

Zkouška kontroly blokování kol při přechodu z povrchu s vysokým třením na povrch s nízkým třením. Pro tuto zkoušku je daná zkušební rychlost hodnotou 50 km/h nebo $0,5 v_{max}$, dle nižší hodnoty. Pokud jsou obě kola vybavena systémem ABS, aktivují se oba ovládací prvky zároveň. Síla vyvíjená na ovládací prvek je taková, aby bylo dosaženo plného cyklování ABS systému do rychlosti 10 km/h. Maximální počet zastavení je 3. Před každým zastavením je nutné aktivovat ovládací prvek dříve než vozidlo přejeде z povrchu s vysokým třením na povrch s nízkým třením. Nesmí dojít k blokování kol a vozidlo musí zůstat ve zkušebním jízdním pruhu. [4]

4.5.6.5 KONTROLA BLOKOVÁNÍ KOL PŘI PŘECHODU Z POVRCHU S NÍZKÝM TŘENÍM NA POVRCH S VYSOKÝM TŘENÍM

Kontrola blokování kol při přechodu z povrchu s nízkým třením na povrch s vysokým třením probíhá v zásadě stejně jako předchozí zkouška. Tato zkouška má navíc stanovené další parametry a podmínky. U této zkoušky se zaznamenává kontinuální zpomalení vozidla. Po přjetí hranice mezi povrchem s nízkým třením na povrch s vysokým třením se musí do 1 sekundy po překonání této hranice zvýšit hodnota zpomalení vozidla. [4]

4.5.6.6 ZASTAVENÍ S ELEKTRICKOU PORUCHOU ABS

Poslední zkouškou systému ABS je zkouška zastavení s elektrickou poruchou systému ABS. Tato zkouška probíhá za stejných podmínek a postupů jako u zkoušky zastavení na suchu s aktivací jediného ovládacího prvku brzd s vypnutým elektrickým systémem ABS. Systém musí signalizovat poruchu ABS systému. Požadavky na účinnost brzdového systému, tedy brzdná dráha a střední plné brzdné zpomalení, jsou definovány stejně jako pro zkoušku zastavení vozidla na suchu s aktivací pouze brzdy na zadním kole.[4]

5 KOMERČNĚ NABÍZENÉ MOTOCYKLY

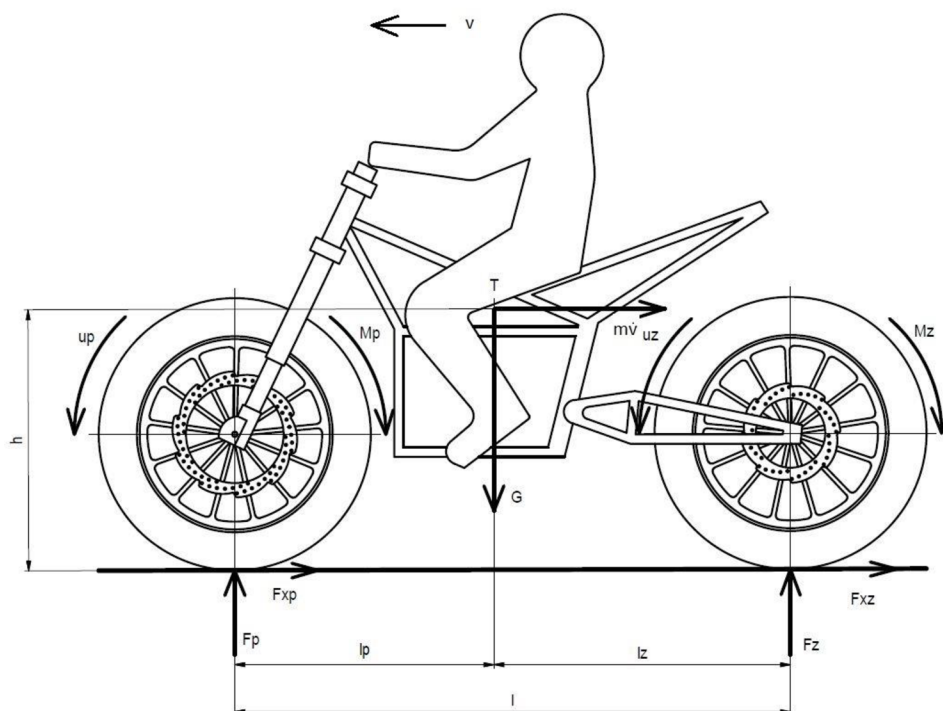
V podstatě každý velký světový výrobce jednostopých vozidel nabízí v kategorii motocyklů L3e-A1 svého zástupce. V segmentu konvenčních motocyklů, tedy poháněných spalovacím motorem je zástupců velké množství. Dnes jsou již na trhu i motocykly poháněné elektrickým motorem, takových zástupců je mnohem méně a budou zde uvedeny motocykly společnosti ZERO MOTORCYCLES.

Jedním z nabízených motocyklů je **SUZUKI GSX-R 125 ABS**, tento motocykl je vybaven nejnovějším typem ABS modulu společnosti BOSCH, tedy 10. generace. Modul je dvoukanálový a může tedy odděleně přizpůsobovat tlak v brzdové soustavě předního i zadního kola. Vpředu je spojen s jedním dvoupístkovým plovoucím brzdovým třmenem, který působí na kotouč o průměru 290 mm. Vzadu je to jednopístkový plovoucí brzdový třmen a kotouč průměru 187 mm. Totožný systém je využit i na motocyklu značky **KAWASAKI**, kromě zadního brzdového třmene, ten je zde dvoupístkový plovoucí. Dalším konvenčním motocyklem je **KTM-125 DUKE**, ten je vybaven brzdovým systémem výrobce J.JUAN a dvoukanálovým ABS modulem společnosti BOSCH, konkrétně 9. generace. Přední kolo je osazeno pevným čtyřpístkovým radiálním brzdovým třmenem a kotoučem o průměru 300 mm. Vzadu je osazen jednopístkovým plovoucím třmenem s kotoučem průměru 230 mm. [20] [21] [22]

Elektrické motocykly zastupuje **ZERO DS**, což je vozidlo spadající do kategorie L3e-A1. Je osazené brzdovými komponenty španělského výrobce J.JUAN a řízen je dvoukanálovým ABS modulem od společnosti BOSCH generace 9. Přední sestava brzdy je tvořena asymetrickým dvoupístkovým plovoucím třmenem a brzdovým kotoučem průměru 320 mm a síle 5 mm. Brzdění zadního kola je řešeno jednopístkovým plovoucím třmenem s kotoučem o průměru 240 mm o tloušťce 4,5 mm [23]

6 SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU

Pohyb jednostopých vozidel je umožněn přenosem výkonu od pohonného ústrojí na zadní kolo, takto je možné vozidlo udržovat při konstantní rychlosti nebo ji zvyšovat. Snižování rychlosti motocyklu je umožněno činností brzd na kolech.



Obrázek 15: Model motocyklu [vlastní tvorba]

m – hmotnost vozidla

g – tíhové zrychlení

v – rychlost vozidla

J – moment setrvačnosti kola

u_p, u_z – úhlová rychlost kola

M – brzdny moment kola

r – poloměr kola

h – výška těžiště vozidla

l_p – vzdálenost předního kola od těžiště vozidla

l_z – vzdálenost zadního kola od těžiště vozidla

l – rozvor vozidla

Dle modelu soustava motocyklu vykonává tři pohyby. Podélný pohyb rychlostí v a rotační pohyb kolem os kol úhlovými rychlostmi ω_p a ω_z , tedy obvodovými rychlostmi kol u_p a u_z . Kde

$$u_p = \omega_p \cdot r \text{ a } u_z = \omega_z \cdot r.$$

Z modelu vychází i základní pohybové rovnice, které popisují pohyb v podélném směru motocyklu

$$m \cdot \dot{v} = -F_{xp} - F_{xz}$$

a pohybové rovnice rotujících kol

$$J \cdot \omega_p = r \cdot F_{xp} - M_p \quad \text{a} \quad J \cdot \omega_z = r \cdot F_{xz} - M_z.$$

Pro brzdné síly následně platí

$$F_{xp} = \mu_p \cdot F_p \text{ a } F_{xz} = \mu_z \cdot F_z.$$

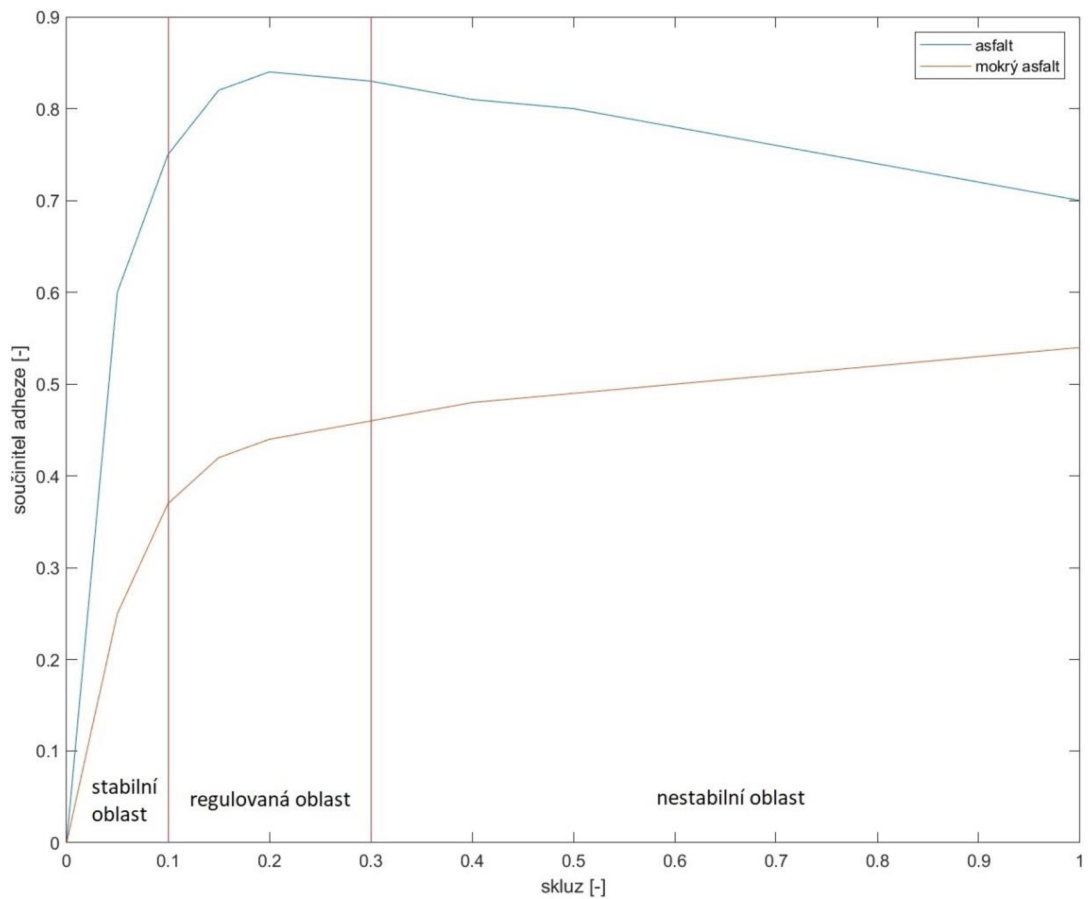
$$F_p = \frac{-m \cdot \dot{v} \cdot h + m \cdot g \cdot l_z}{l} \text{ a } F_z = \frac{m \cdot \dot{v} \cdot h + m \cdot g \cdot l_p}{l}$$

$$\mu_p = \frac{F_{xp}}{F_p} \text{ a } \mu_z = \frac{F_{xz}}{F_z}$$

Součinitel adheze μ je závislý na skluzu λ

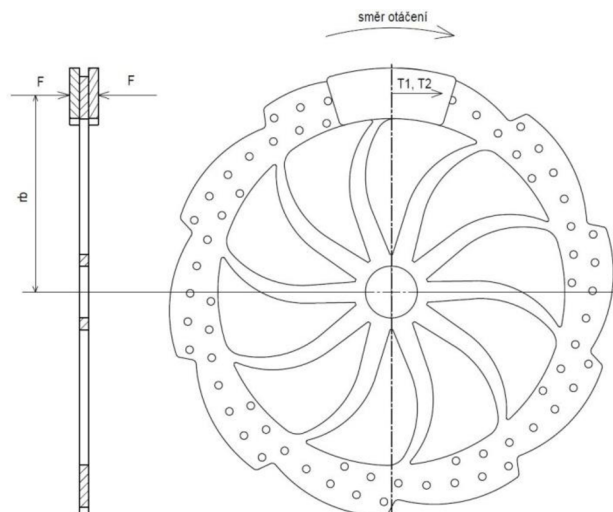
$$\lambda_p = 1 - \frac{u_p}{v} \text{ a } \lambda_z = 1 - \frac{u_z}{v}$$

Při brzdění vozidla se skluz projevuje rozdílem obvodové rychlosti kola vůči rychlosti motocyklu v podélném směru v . Závislosti součinitele adheze na skluzu použité v simulaci jsou znázorněny na obrázku



Obrázek 16: Závislost součinitele adheze na skluzu pro použité typy vozovky [vlastní tvorba]

Simulační výpočet brzdové soustavy motocyklu počítá s kotoučovými brzdami na předním i zadním kole s hydraulickým ovládáním.



Obrázek 17: Schéma kotoučové brzdy [vlastní tvorba]

Ze schéma kotoučové brzdy vychází vztah pro třecí moment

$$M_b = (T_1 + T_2) \cdot r_b$$

r_b znázorňuje střední poloměr brzdového obložení, tedy poloměr těžiště třecí plochy obložení. Přítlačná síla vyvozovaná hydraulickým systémem kotoučové brzdy ve schématu značená jako F , tato síla vychází z průměru brzdového pístku uloženého v brzdovém třmenu značeným d_p pro přední brzdu a d_z pro zadní brzdu, dále závisí na tlaku hydraulické kapaliny v hydraulické soustavě dané brzdy, značený p . Hodnota této síly je tedy dána vztahem

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

Třecí síly T_1 a T_2 jsou zákonitě stejně velké díky konstrukčním provedením brzdového třmenu či kotouče uvedených v kapitole 3 této práce. Jejich velikost je dána vztahem

$$T_i = F \cdot f, \text{ kde } i = 1; 2 \text{ a } f \text{ značí součinitel tření mezi brzdovým kotoučem a obložением.}$$

Dosažením vztahu pro třecí sílu a pro přítlačnou sílu dostaneme výchozí vztah pro výpočet třecího momentu

$$M_b = 2 \cdot f \cdot r_b \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p.$$

6.1 SIMULACE V PROGRAMU SIMULINK

Program Simulink je nadstavbou systému MATLAB, je vhodný pro simulaci a modelování dynamických systémů. V tomto programu je možné vytvářet modely dynamických soustav formou blokových schémat. Části modelu mohou být zapisovány ve formě rovnic, či spojováním základních bloků, které nabízí knihovna Simulinku. Možné je i používání prvků reprezentujících skutečné části reálných systémů. [6]

Pro návrh brzdového systému zadaného motocyklu je využito právě programu simulink. V tomto simulačním prostředí je vytvořen model soustavy pro výpočet základních vlastností brzdové soustavy. Model je vytvořen jak pro brzdovou soustavu bez protiblokovacího systému ABS, tak pro soustavu s protiblokovacím systémem. Oba tyto modely dávají výsledky pro možné porovnání obou systémů.

Vstupní parametry pro simulaci jsou zadané v základním programu MATLAB.

Zadané hodnoty simulace:

```
v=80;           % rychlost [km/h]
g=9.81;         % gravitační zrychlení [m.s^-2]
r=0.2922;      % rádius kola [m]
m=187+75;      % hmotnost motocyklu s jezdcem [kg]
J=0.318;       % moment setrvačnosti kola [kg.m^-2]
h=0.986;       % výška těžiště motocyklu - z návrhu [m]
lp=0.98;       % vzdálenost předního kola od těžiště - z návrhu [m]
lz=1.12;       % vzdálenost zadního kola od těžiště - z návrhu [m]

maxl=0.2;      % maximální skluz (lambda) [-]
pmax=7;        % maximální tlak v brzdové soustavě [MPa]

% přední kotoučová brzda
nip=0.3;       % součinitel tření mezi kotoučem a destičkami [-]
rbp=145;       % střední poloměr brzdového kotouče [mm]
%dp=30;        % průměr brzdového pístku [mm]

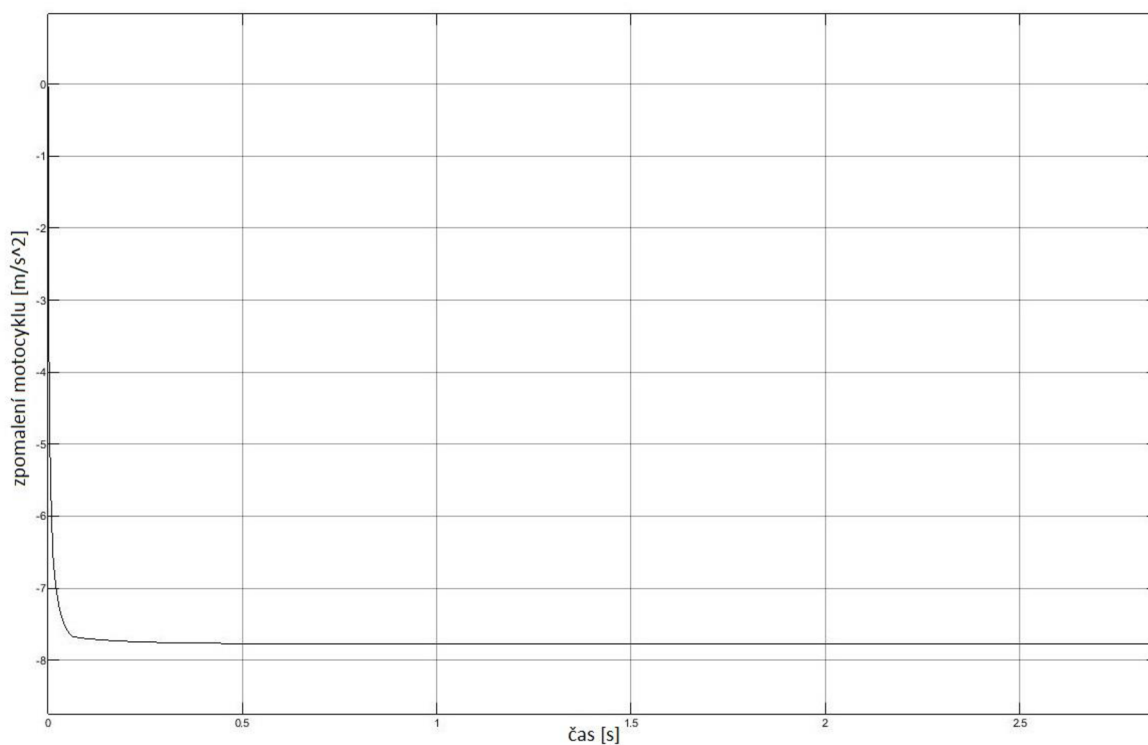
% vícepístkový třmen (4 pístky)
d1p=34;        % průměr prvního pístku [mm]
d2p=34;        % průměr druhého pístku [mm]
d3p=34;        % průměr třetího pístku [mm]
d4p=34;        % průměr čtvrtého pístku [mm]
S1=(pi*d1p^2)/4; % plocha prvního pístku [mm^2]
S2=(pi*d2p^2)/4; % plocha druhého pístku [mm^2]
S3=(pi*d3p^2)/4; % plocha třetího pístku [mm^2]
S4=(pi*d4p^2)/4; % plocha čtvrtého pístku [mm^2]
S=S1+S2+S3+S4; % součet ploch pístků [mm^2]
dp=(4*S/pi)^(1/2); % vztažený průměr pístku [mm]

% zadní kotoučová brzda
niz=0.3;       % součinitel tření mezi kotoučem a destičkami [-]
rbz=110;       % střední poloměr brzdového kotouče [mm]
dz=25;        % průměr brzdového pístku [mm]
```

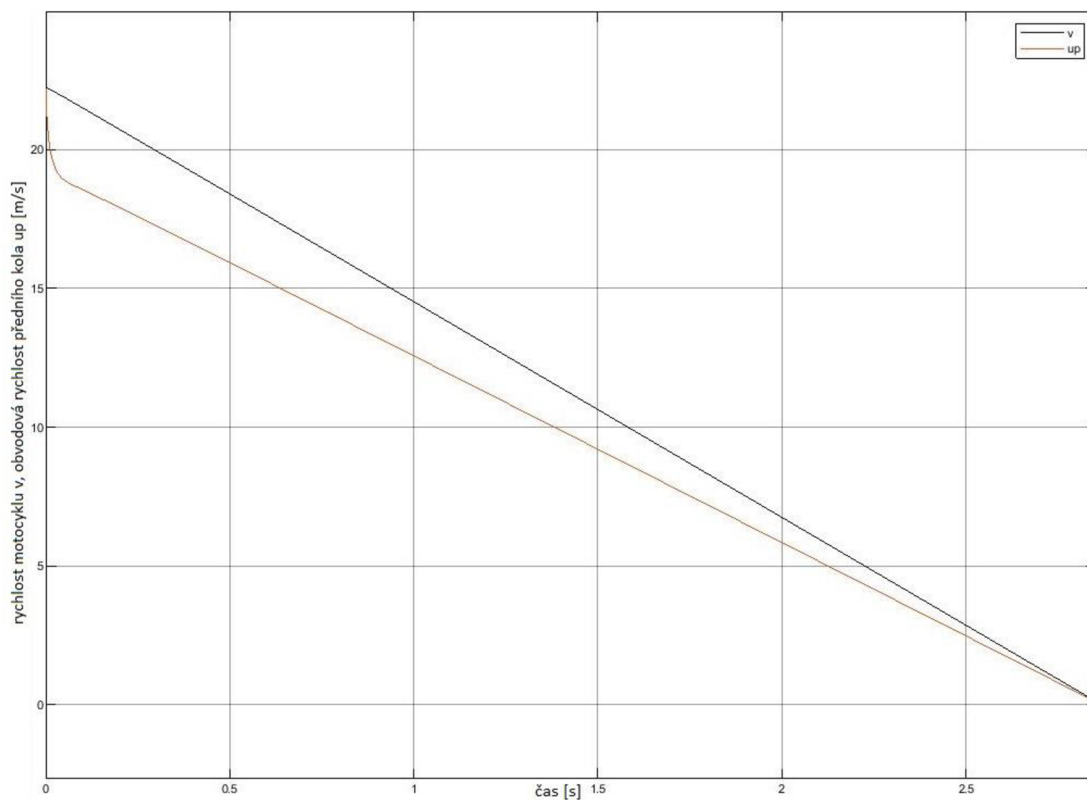
6.2 SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU BEZ ABS

Bloková schémata znázorňující výpočtové modely vytvořené v programu MATLAB Simulink jsou přiloženy v přílohách této práce, kvůli přehlednosti a čitelnosti. Blokové schéma se zadanými hodnotami pro simulaci na suché vozovce, je zobrazeno v příloze č. 1. Schéma simulace na mokré vozovce je v příloze č. 2. Modely jsou sestaveny ze základních prvků obsahového centra tohoto programu, jsou tedy velice názorné a jednoduché pro následné použití a úpravu výpočtů. Z výpočtového modelu vychází i grafy průběhů sledovaných veličin. Hodnoty brzdných momentů jsou nastaveny tak, aby bylo možné co nejlépe využít adheze pro využití typy povrchů, pro suchý i mokrý asfalt.

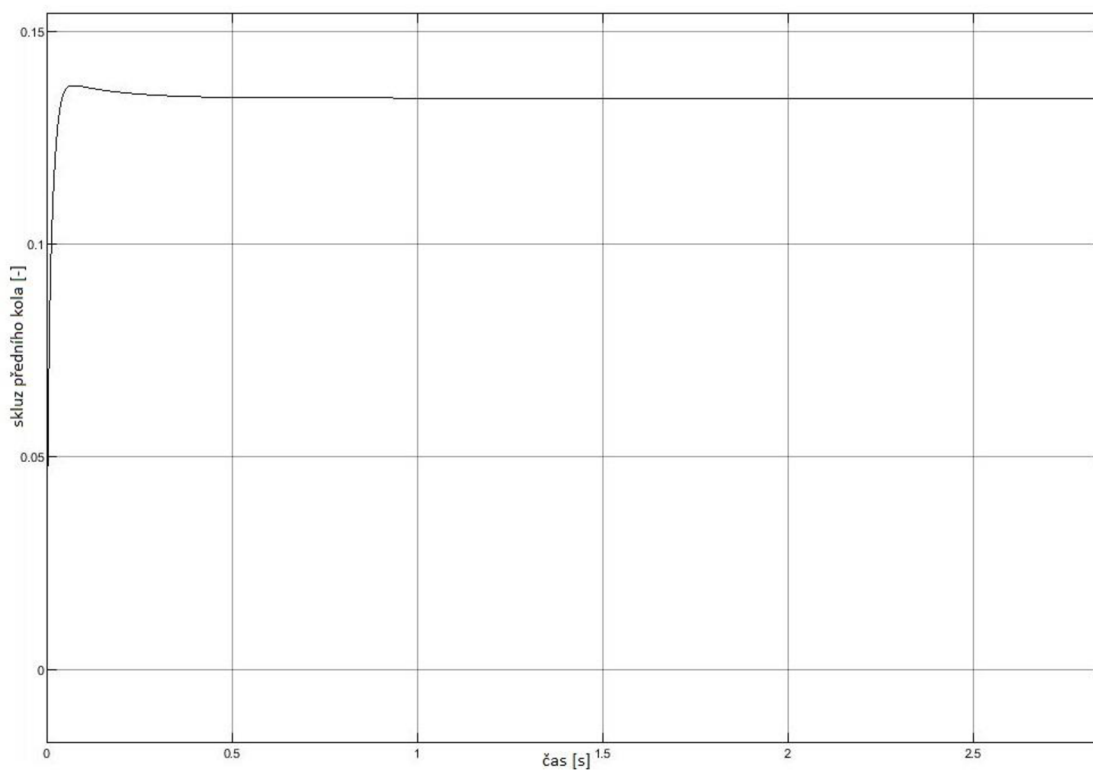
6.2.1 SIMULACE SYSTÉMU NA SUCHÉ VOZOVCE



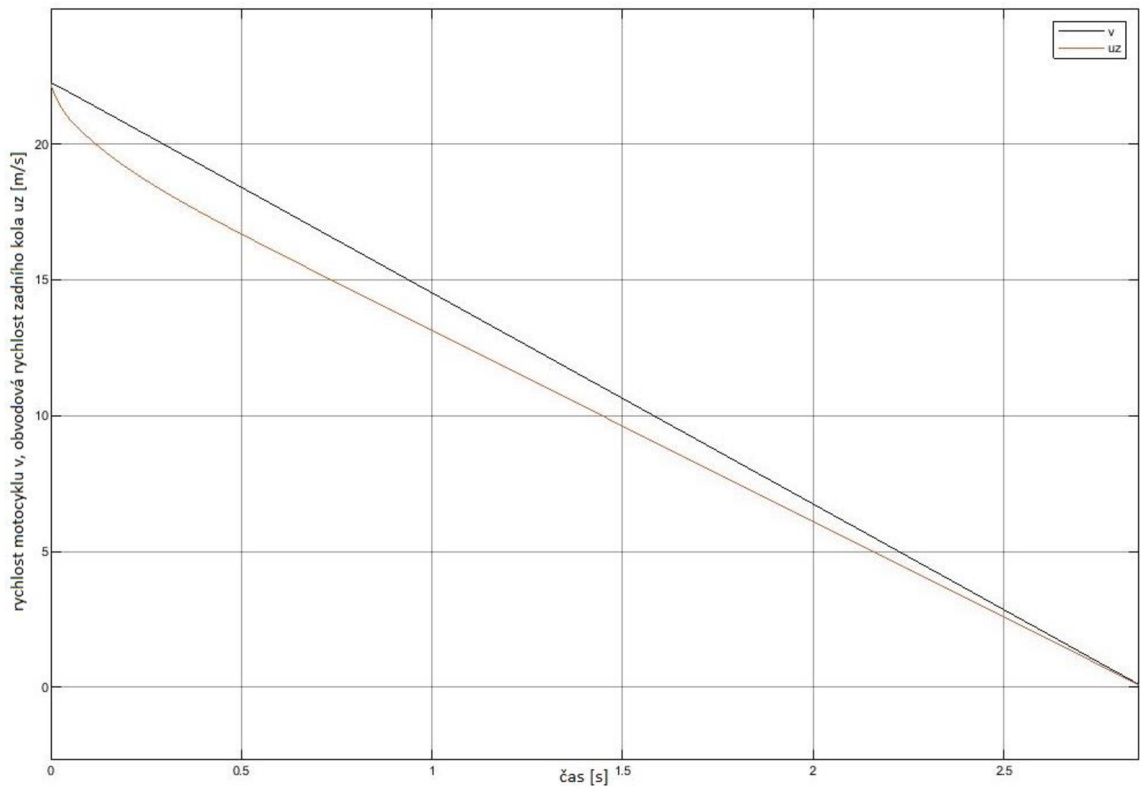
Obrázek 18: Graf zpomalení motocyklu bez ABS na suchu [vlastní tvorba]



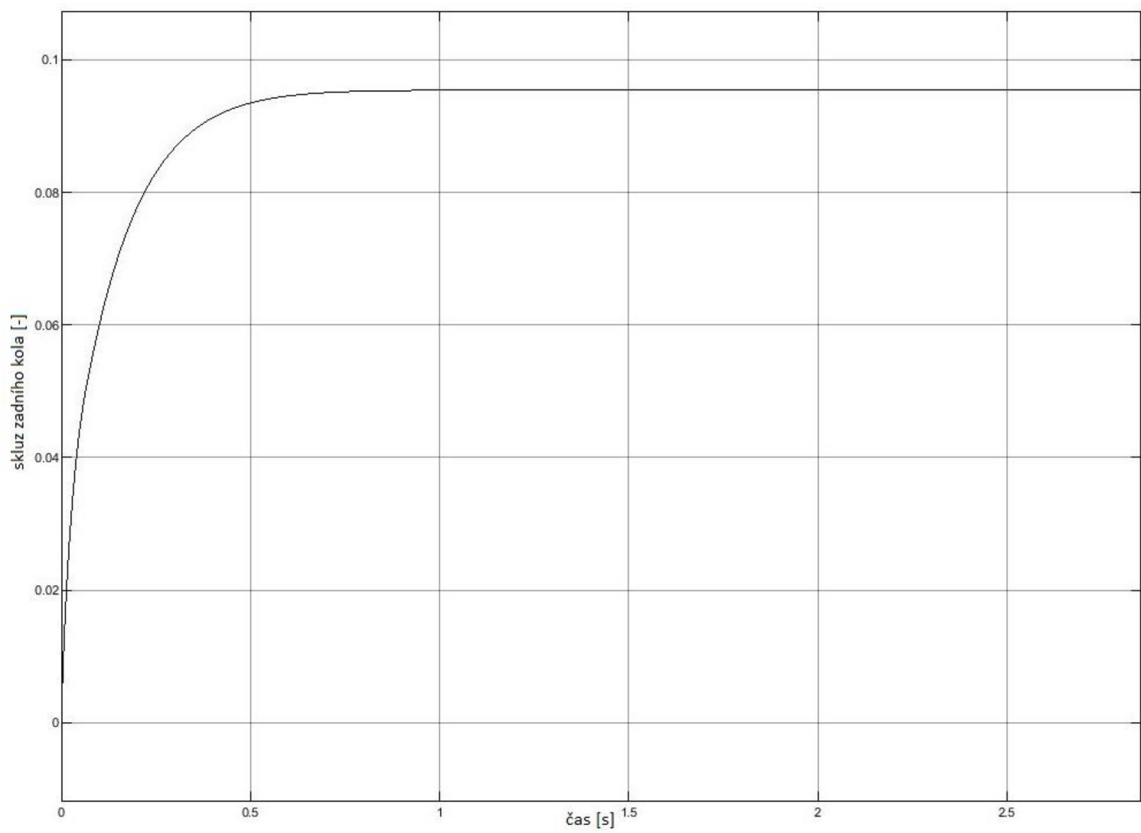
Obrázek 19: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na suchu, vpředu [vlastní tvorba]



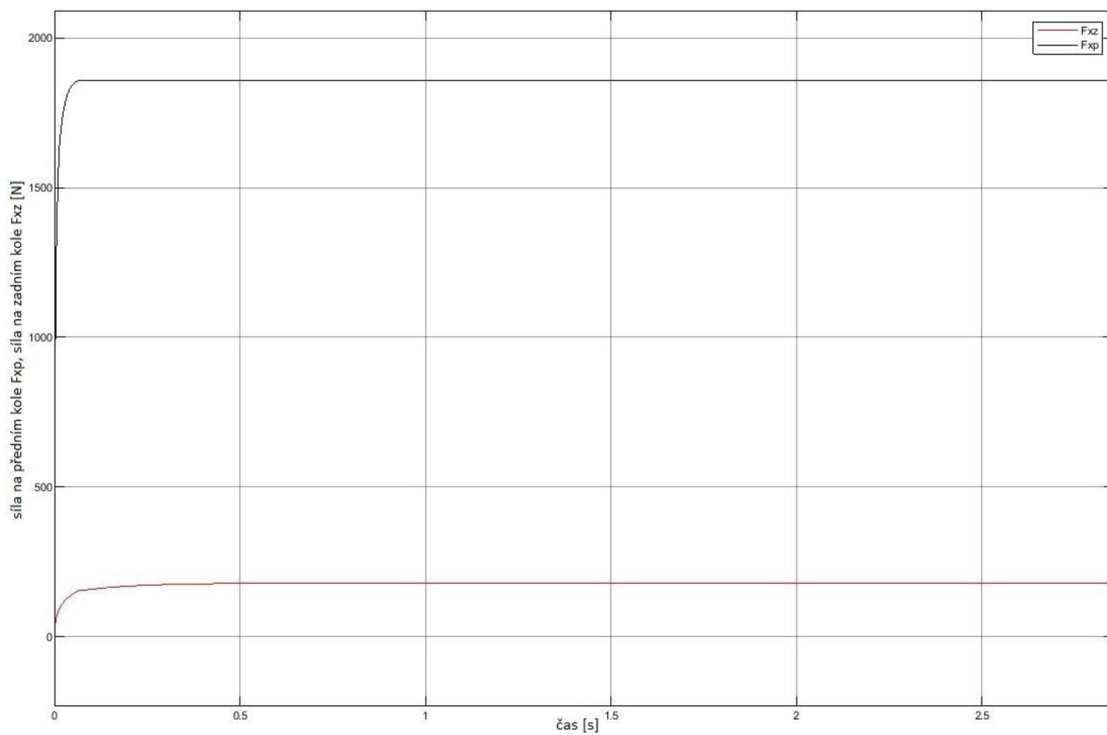
Obrázek 20: Graf průběhu skluzu předního kola bez ABS na suchu [vlastní tvorba]



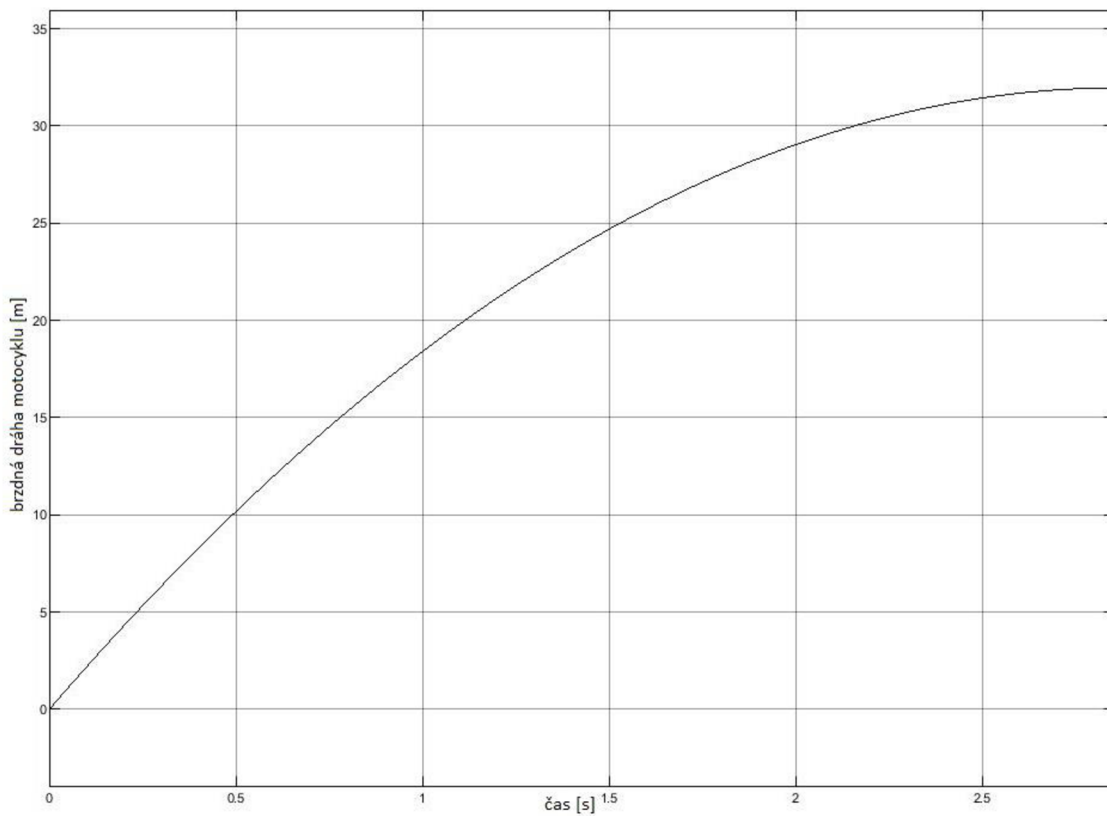
Obrázek 21: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na suchu, vzadu [vlastní tvorba]



Obrázek 22: Graf průběhu skluzu zadního kola bez ABS na suchu [vlastní tvorba]

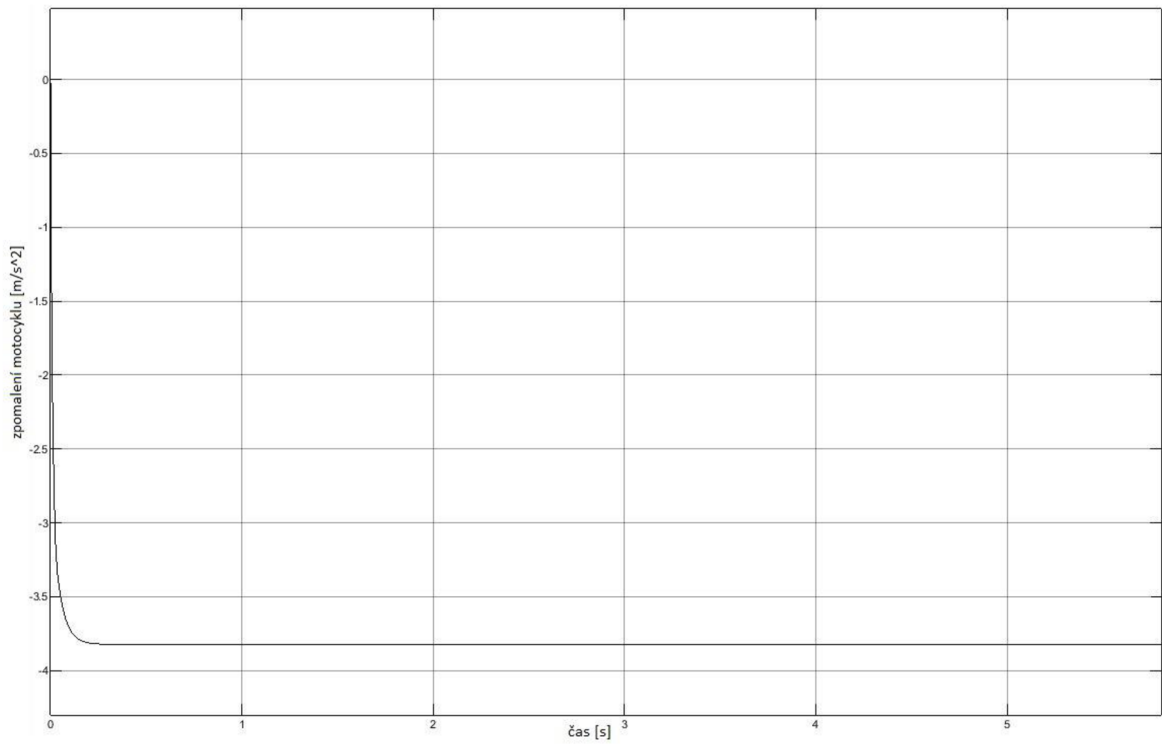


Obrázek 23: Graf průběhu sil na předním a zadním kole bez ABS na suchu [vlastní tvorba]

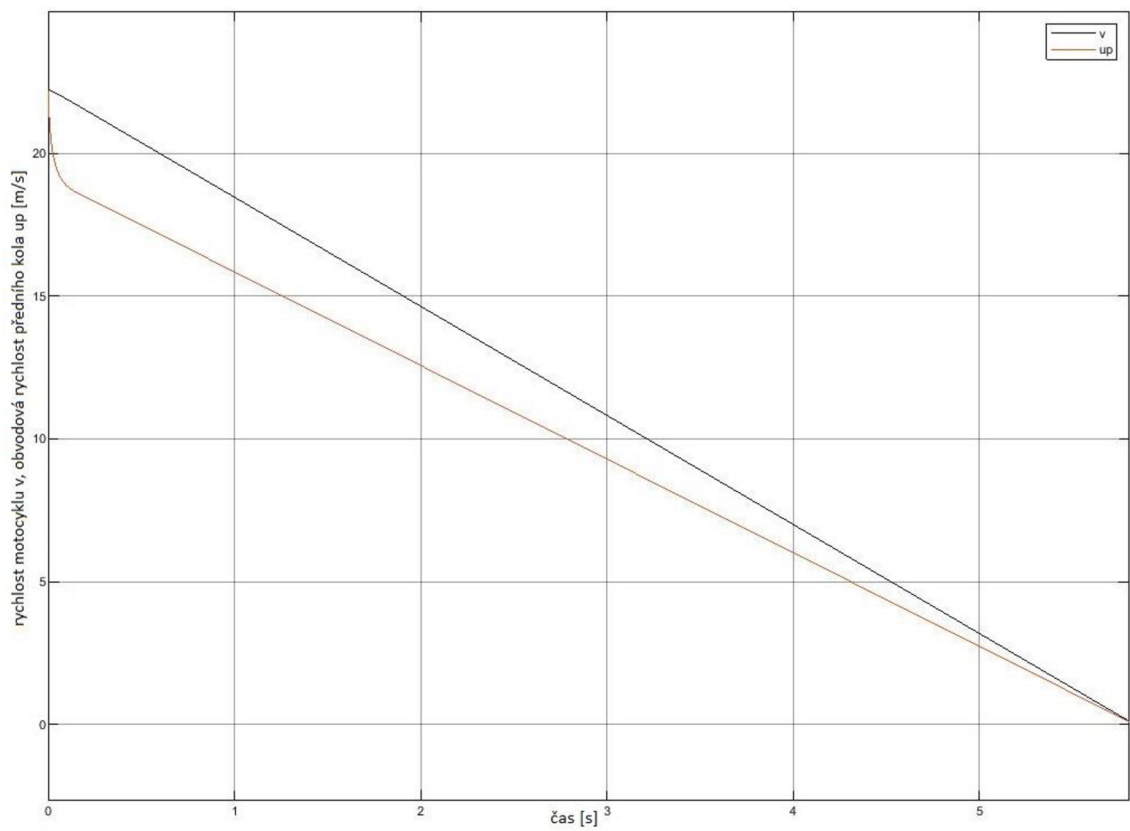


Obrázek 24: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu bez ABS na suchu [vlastní tvorba]

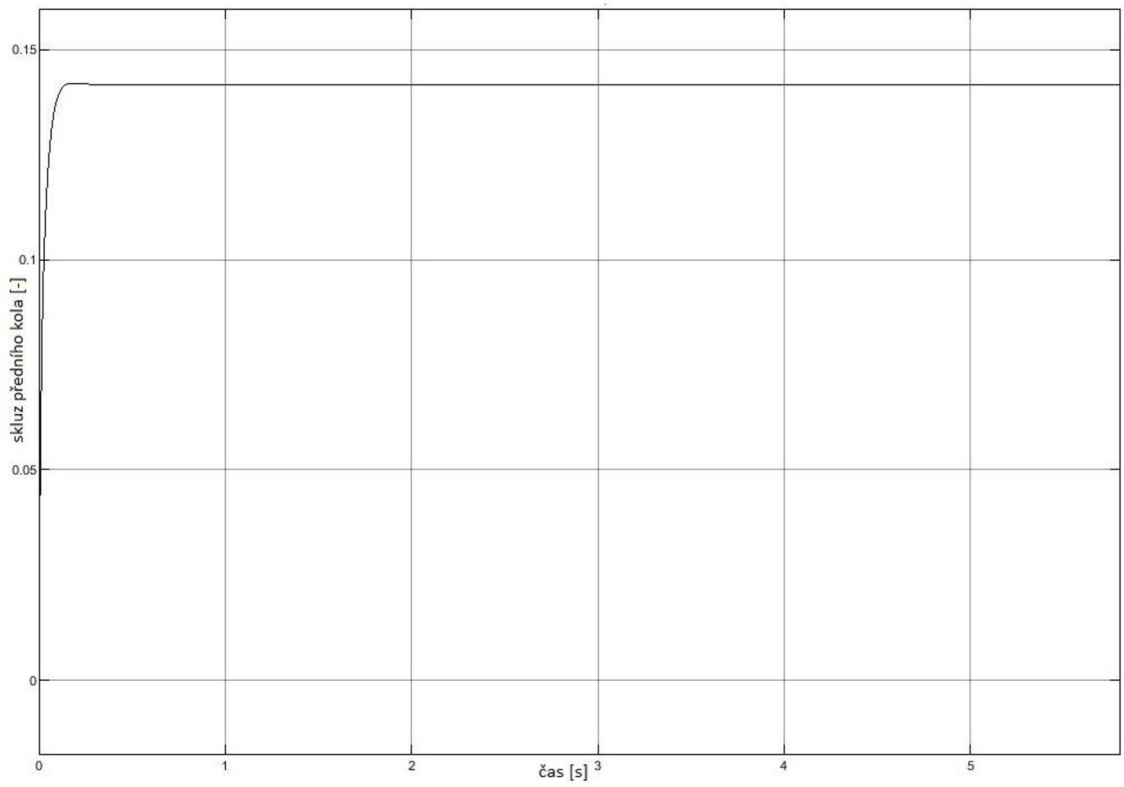
6.2.2 SIMULACE SYSTÉMU NA MOKRÉ VOZOVCE



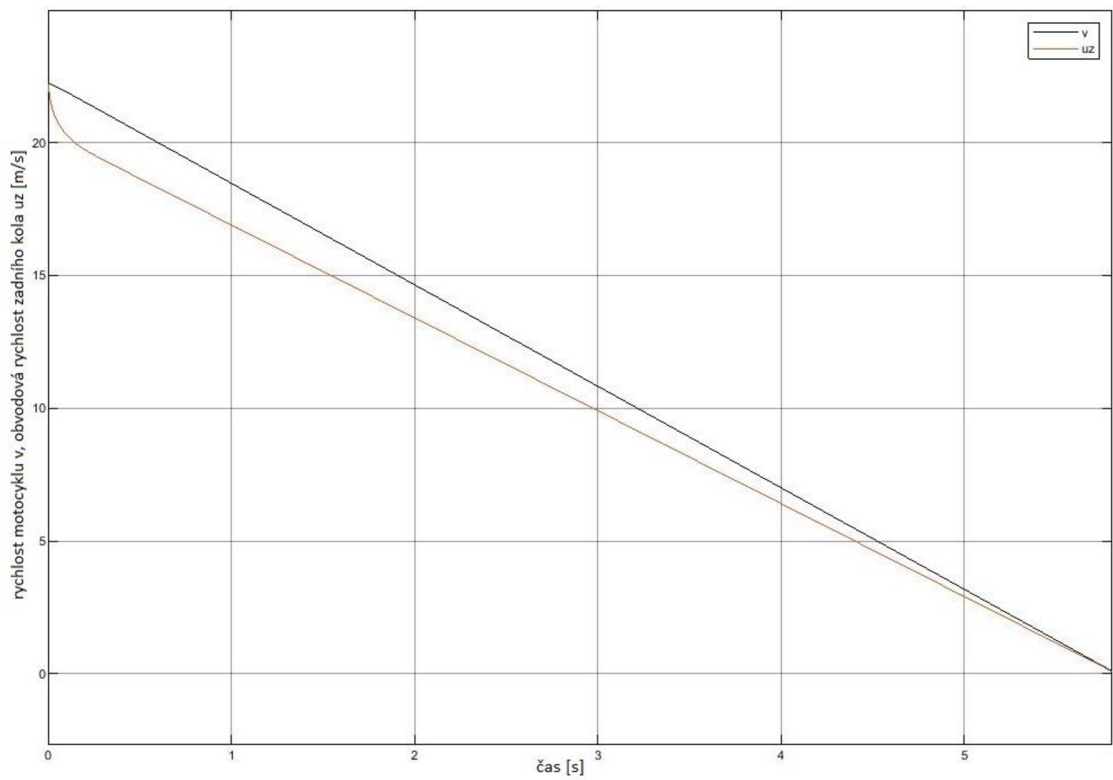
Obrázek 25: Graf zpomalení motocyklu bez ABS na mokru [vlastní tvorba]



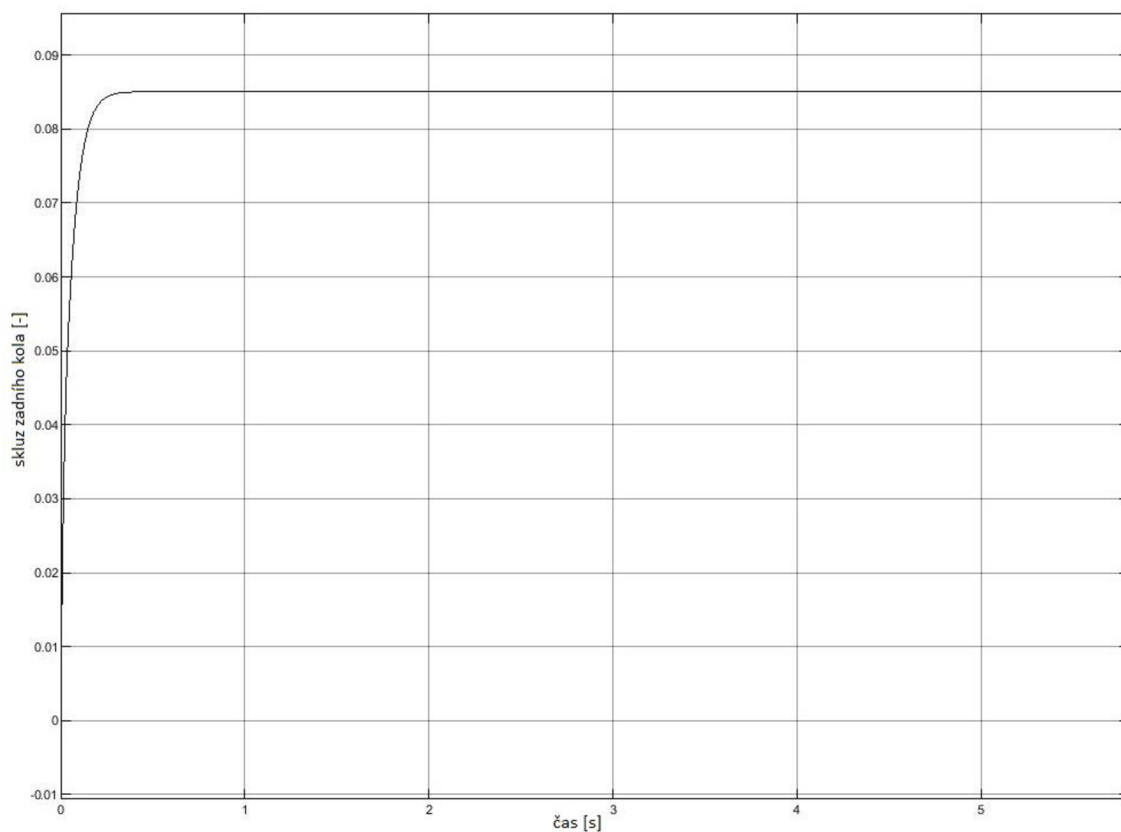
Obrázek 26: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na mokru, vpředu [vlastní tvorba]



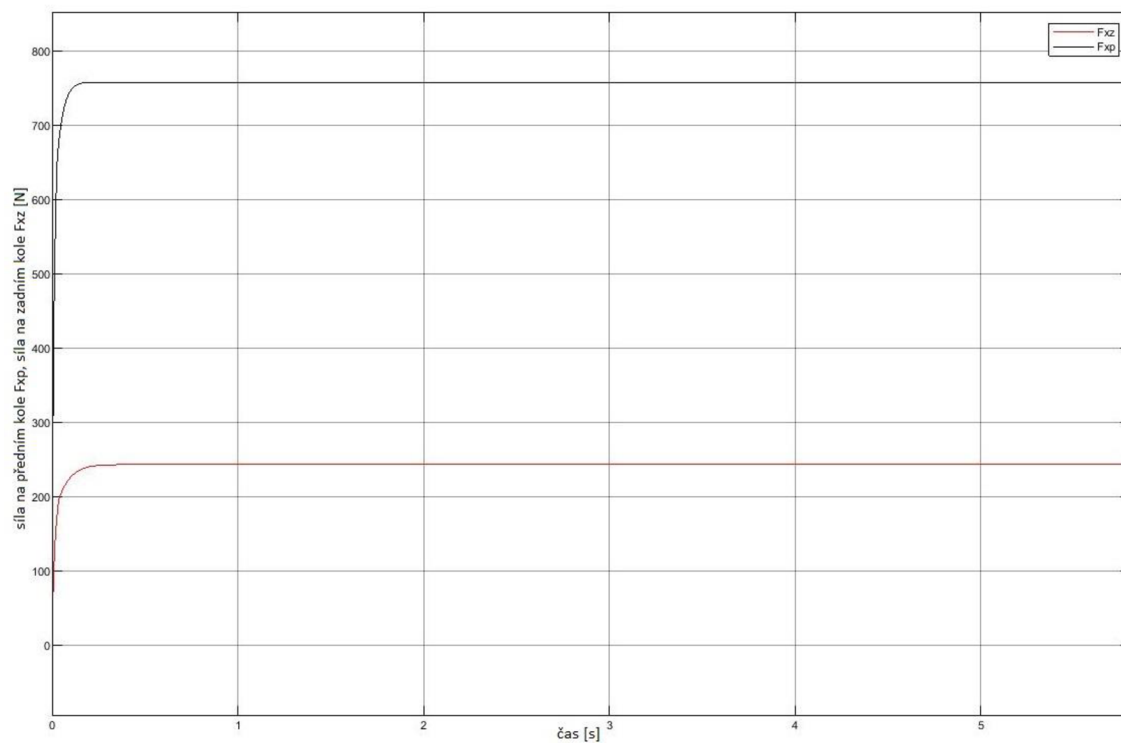
Obrázek 27: Graf průběhu skluzu předního kola bez ABS na mokru [vlastní tvorba]



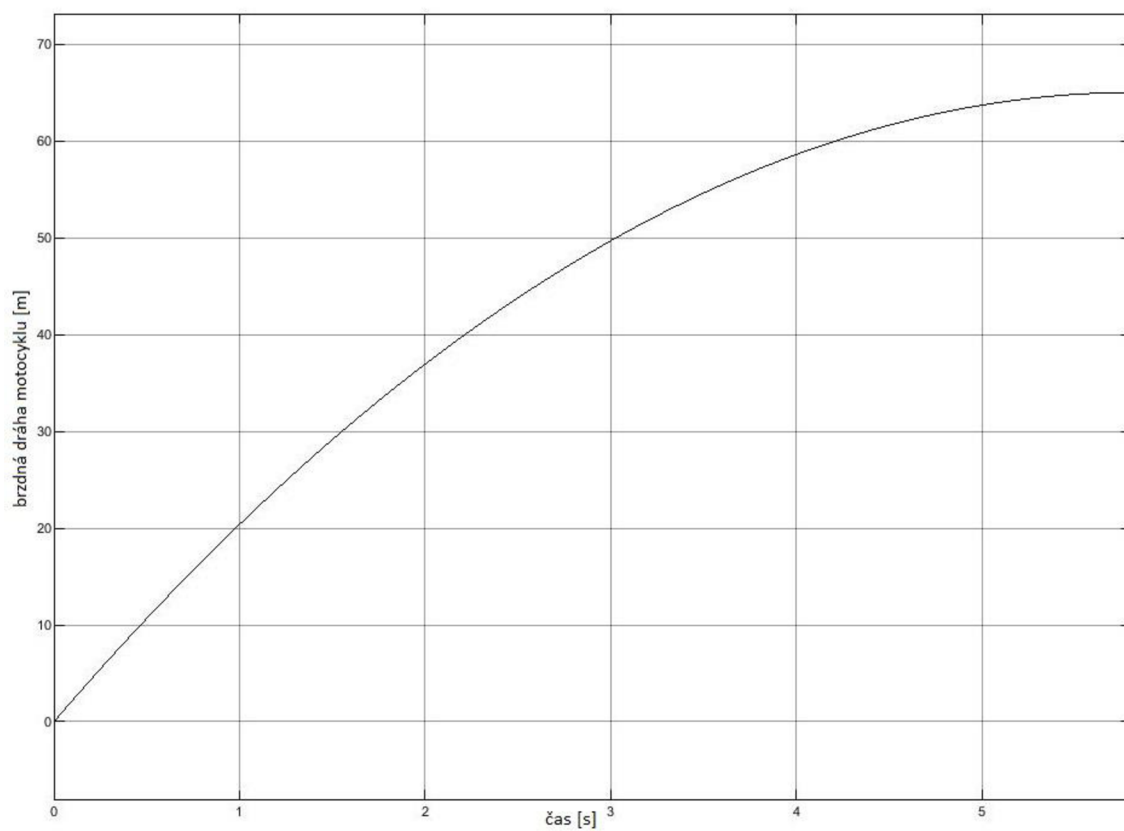
Obrázek 28: Graf průběhů rychlostí motocyklu bez ABS na mokru, vzadu [vlastní tvorba]



Obrázek 29: Graf průběhu skluzu zadního kola bez ABS na mokru [vlastní tvorba]



Obrázek 30: Graf průběhu sil na předním a zadním kole bez ABS na suchu [vlastní tvorba]

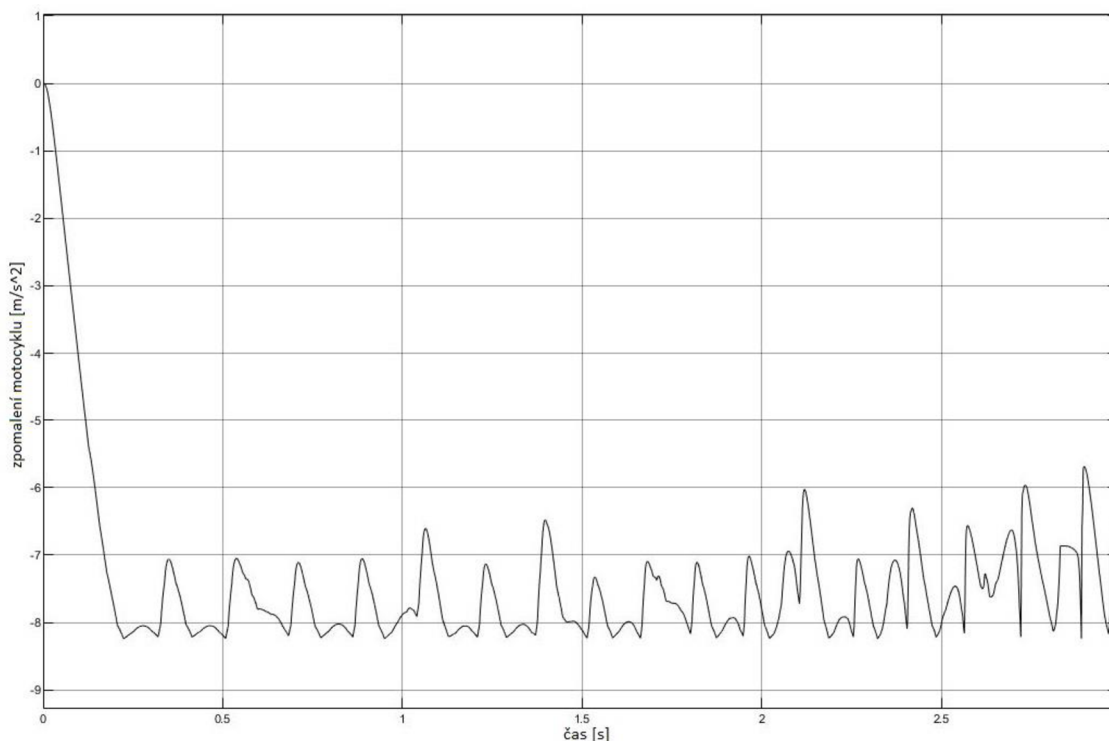


Obrázek 31: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu bez ABS na mokru [vlastní tvorba]

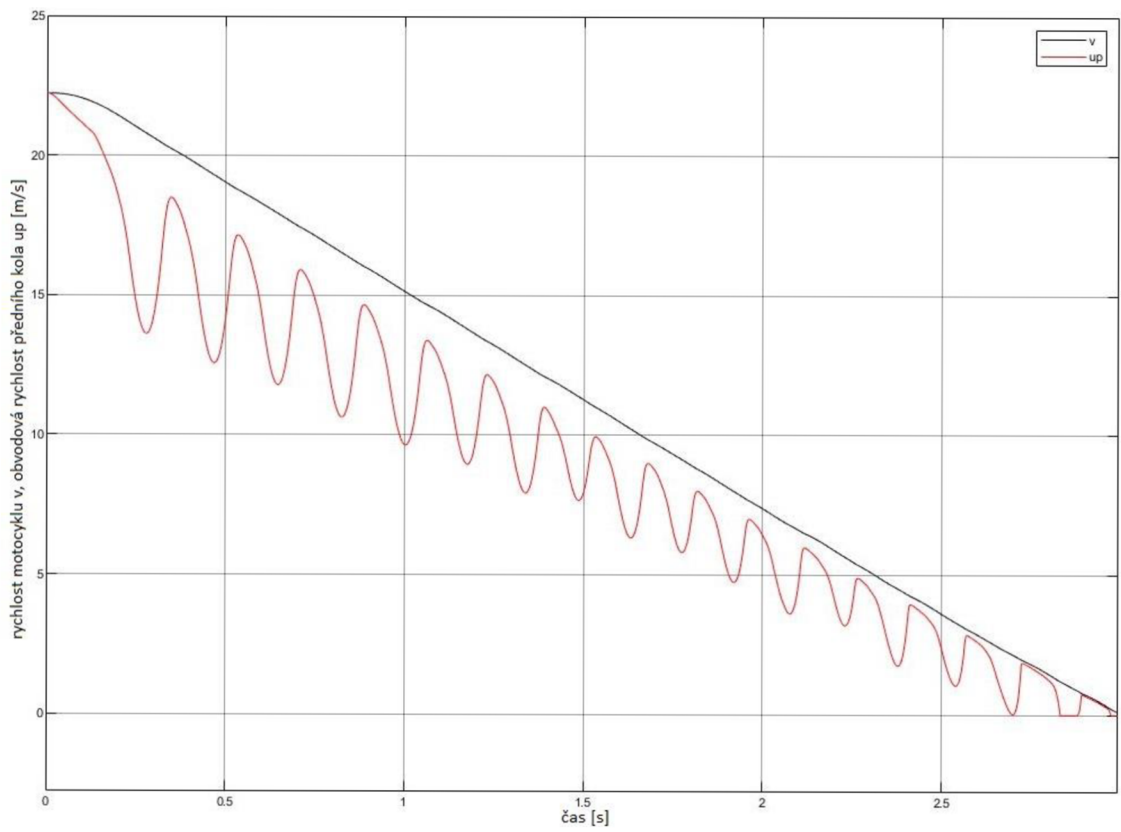
6.3 SIMULAČNÍ VÝPOČET BRZDOVÉHO SYSTÉMU S ABS

Výpočtový model programu Simulink pro brzdovou soustavu motocyklu s protiblokovacím systémem vychází ze základního modelu brzdové soustavy bez ABS popsané v kapitole 6.2. Simulační schéma je zde doplněno o hydraulický obvod ABS modulu, sestávající se z rozvaděče ABS, který zde zastupuje funkce signum a operátoru pro vyhodnocování maximálního skluzu pneumatiky. Takto zadaný a nastavený systém využívá maximálně adhezních vlastností pneumatik a vozovky. Brzdový systém opatřený ABS je možné řešit i podrobněji s využitím pokročilejších funkcí Simulinku, jako elektro-hydraulický systém. Výpočtové schéma simulace je přiloženo v příloze č. 3.

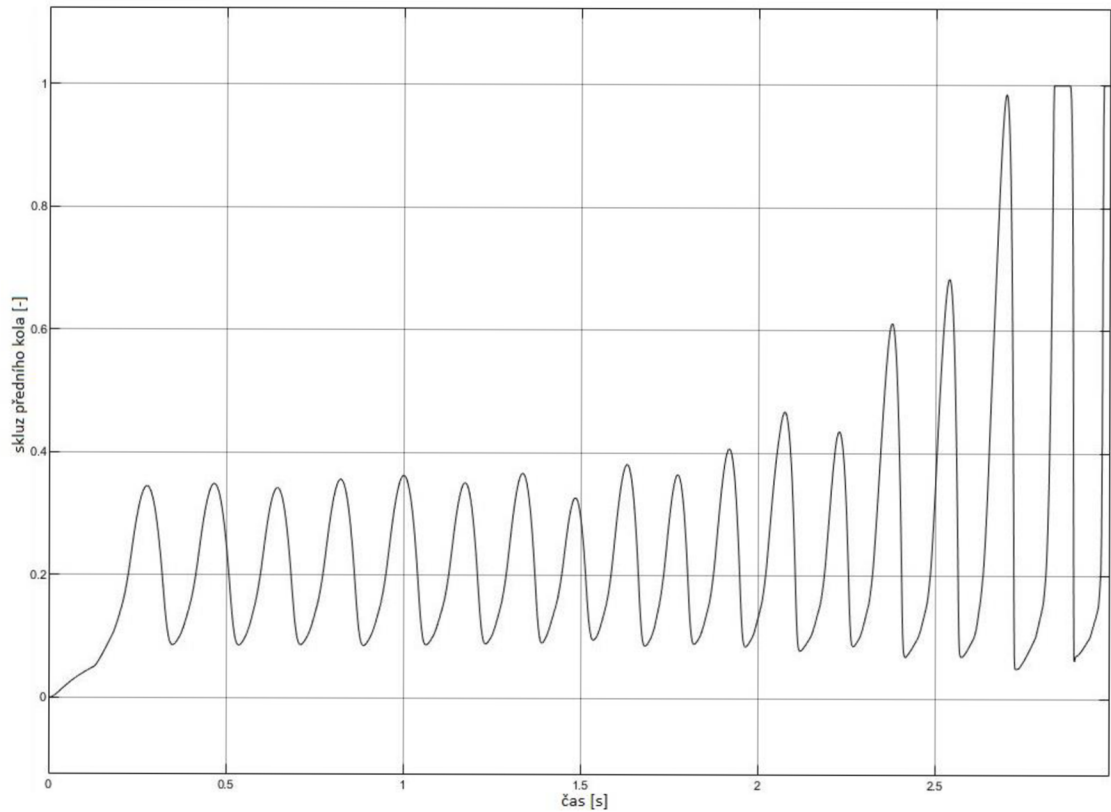
6.3.1 SIMULACE SYSTÉMU NA SUCHÉ VOZOVCE



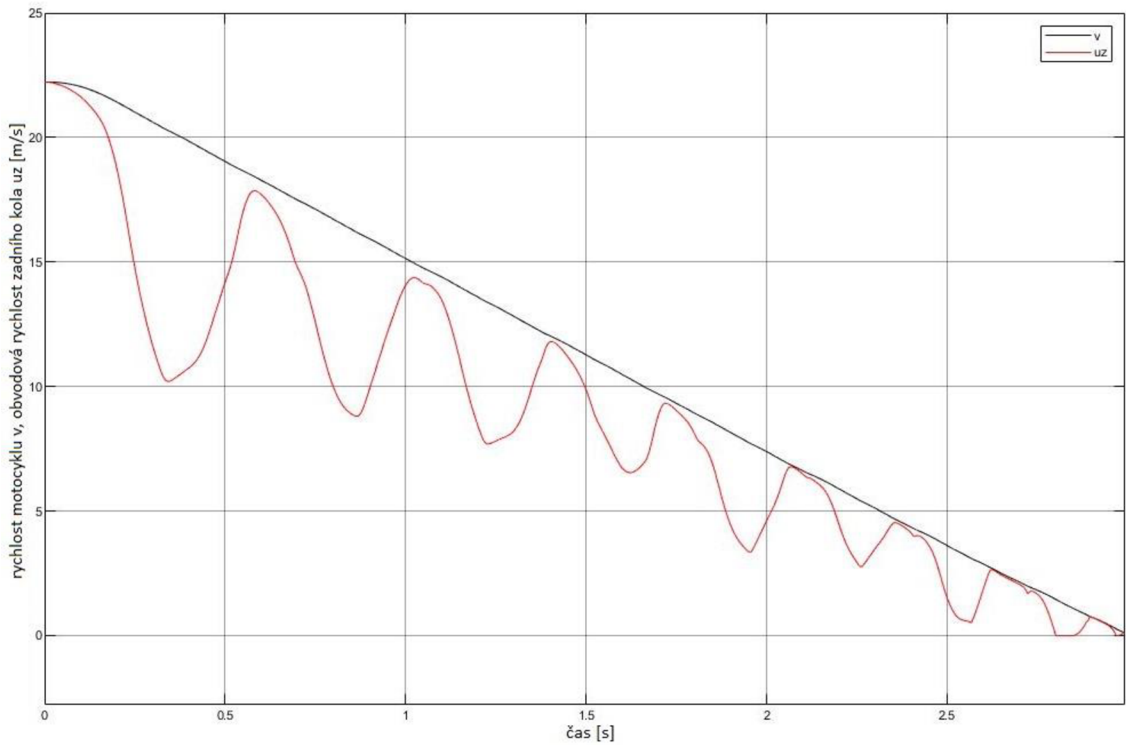
Obrázek 32: Graf zpomalení motocyklu s ABS na suchu [vlastní tvorba]



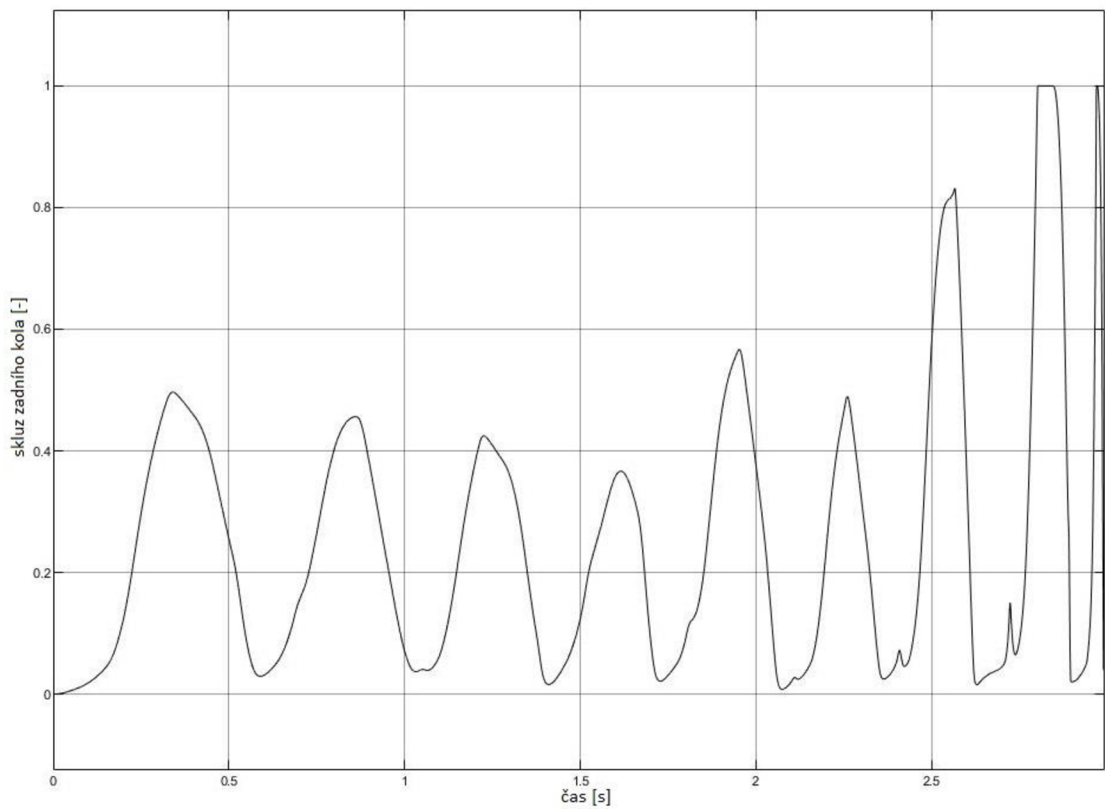
Obrázek 33: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na suchu, vpředu [vlastní tvorba]



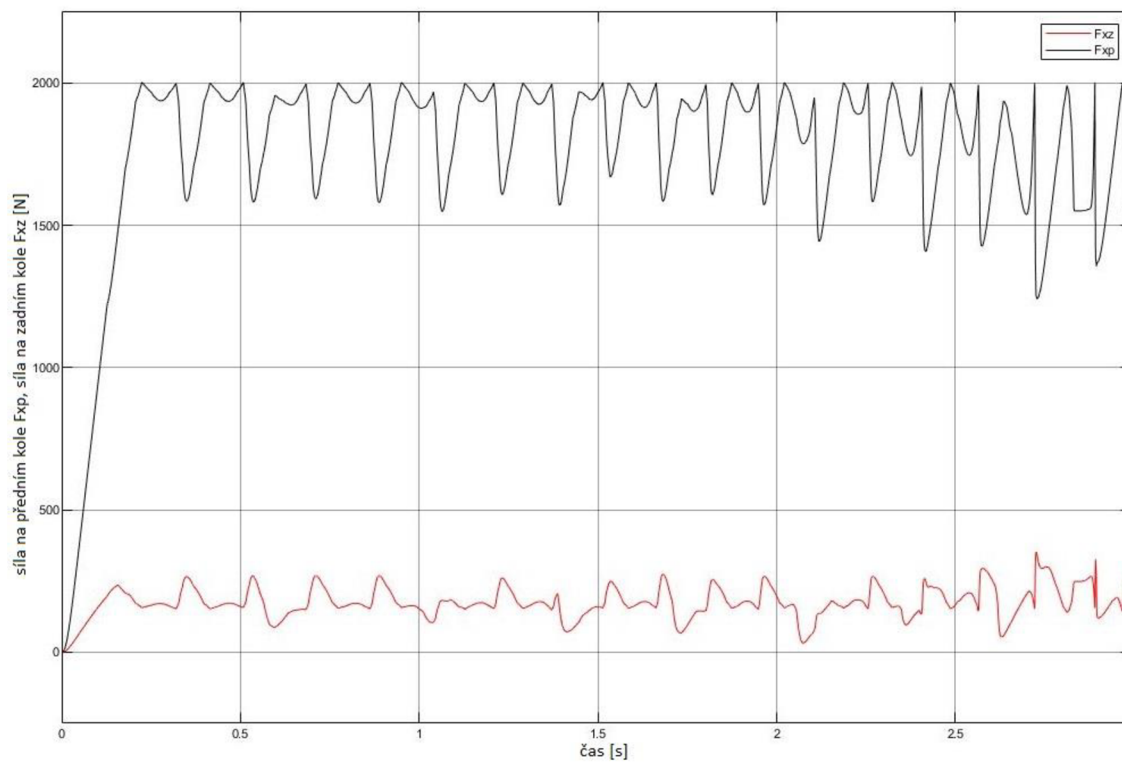
Obrázek 34: Graf průběhu skluzu předního kola s ABS na suchu [vlastní tvorba]



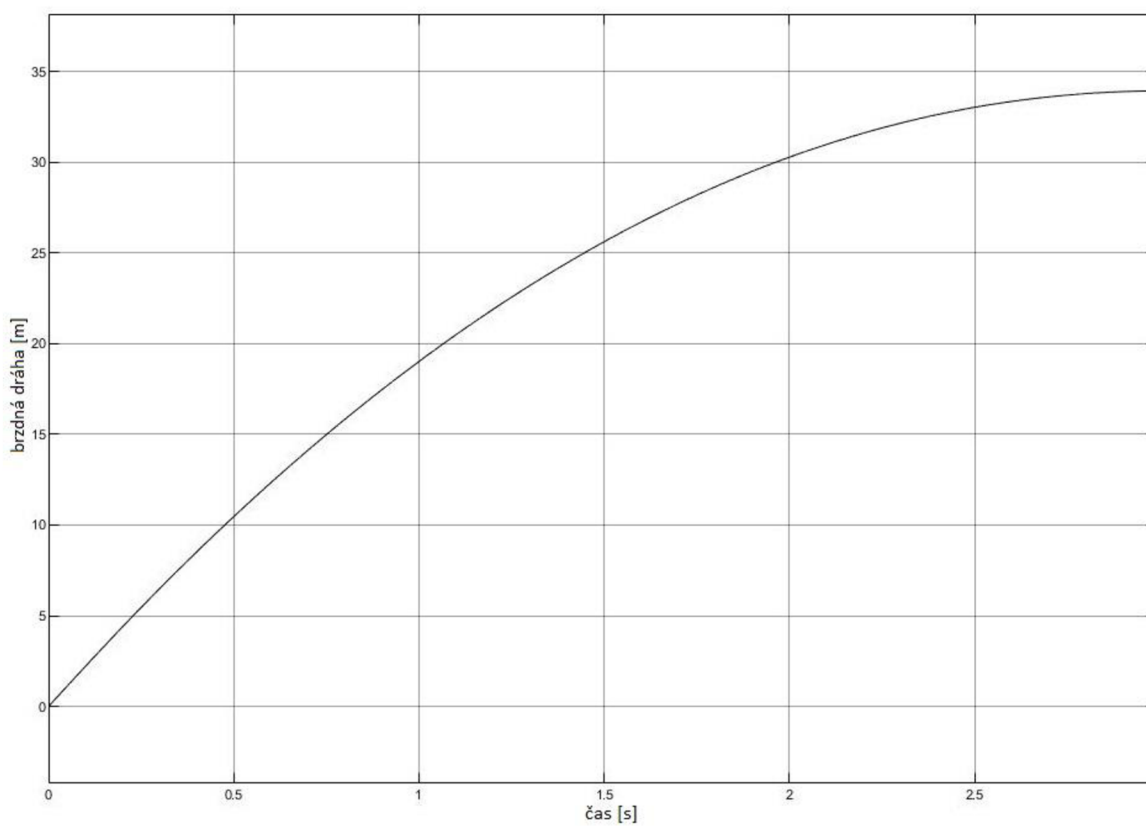
Obrázek 35: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na suchu, vzadu [vlastní tvorba]



Obrázek 36: Graf průběhu skluzu zadního kola s ABS na suchu [vlastní tvorba]

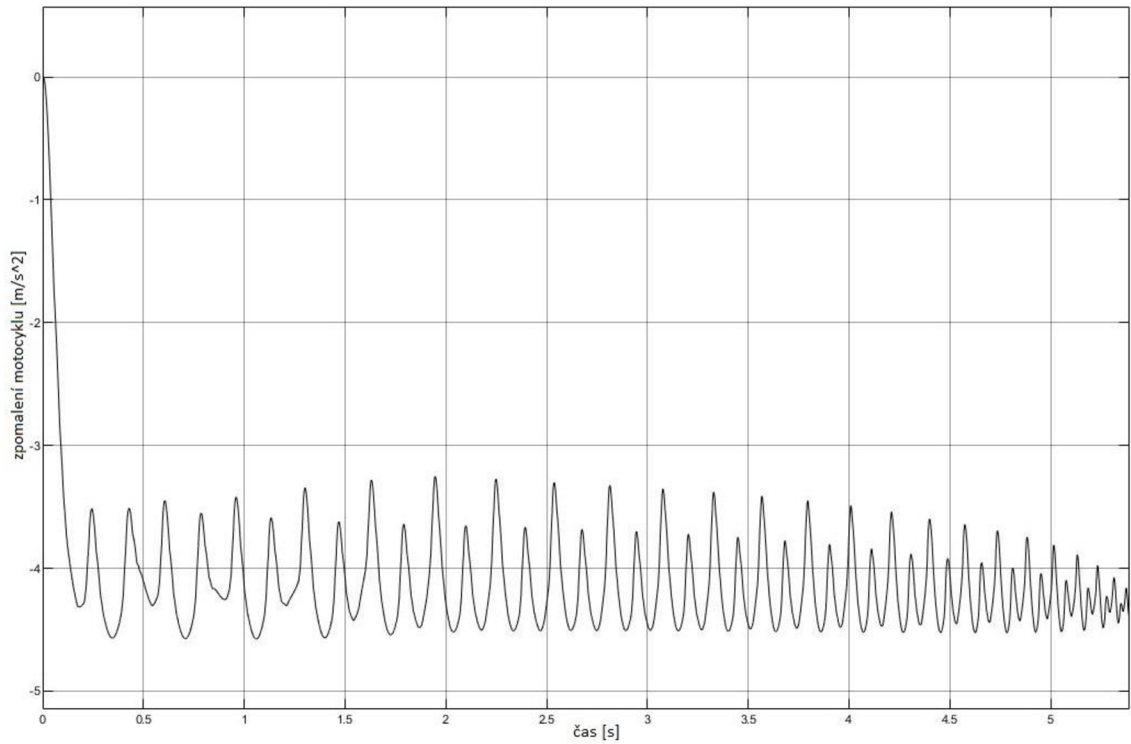


Obrázek 37: Graf průběhu sil na předním a zadním kole s ABS na suchu [vlastní tvorba]

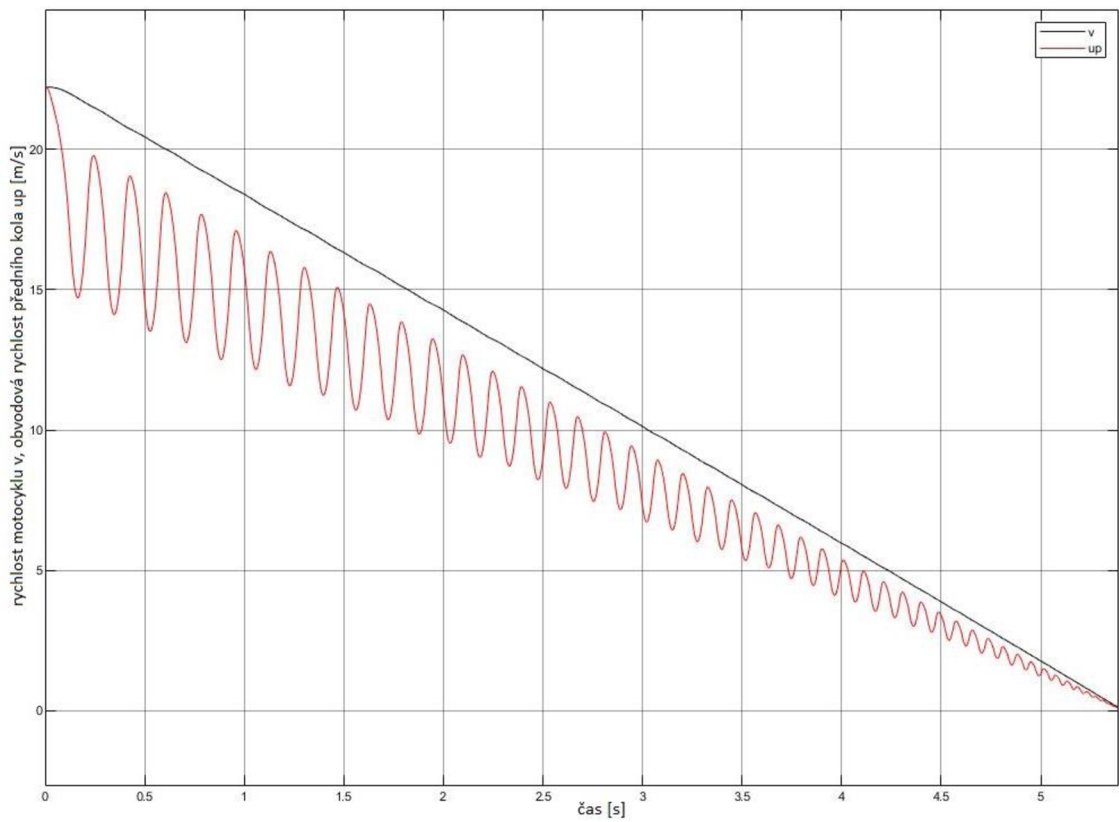


Obrázek 38: Graf průběhu brzdné dráhy motocyklu s ABS na suchu [vlastní tvorba]

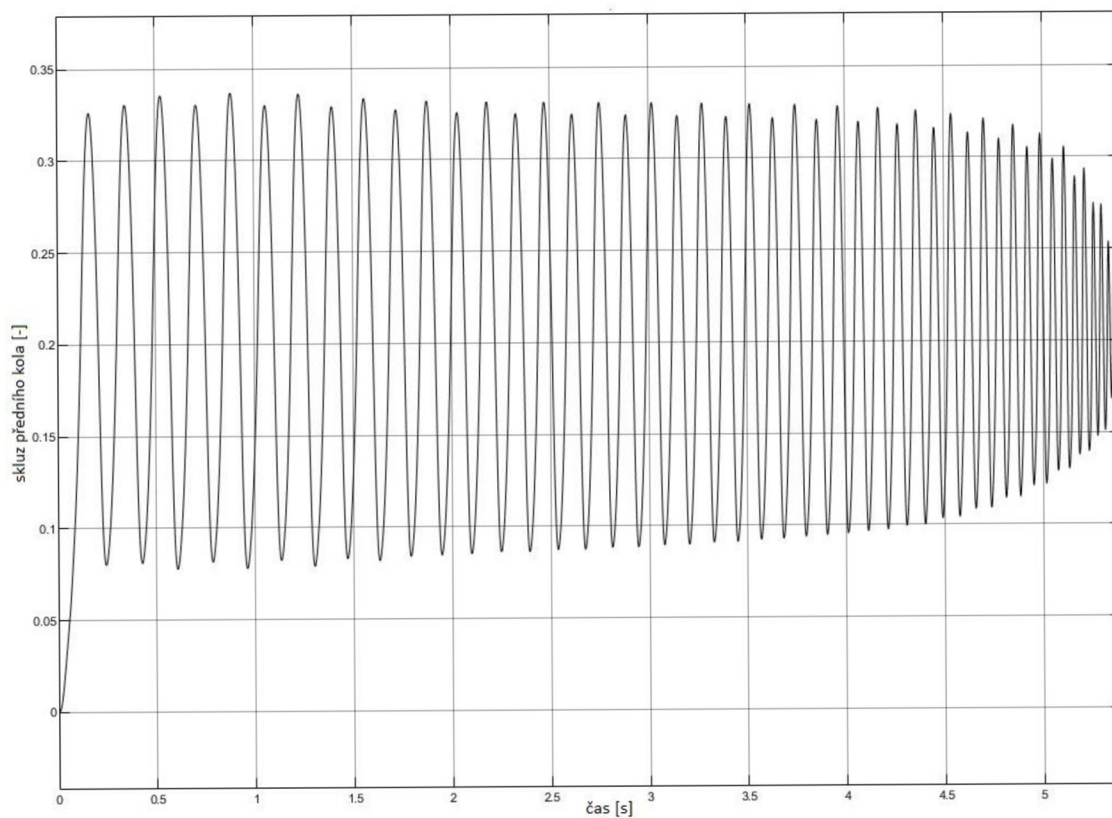
6.3.2 SIMULACE SYSTÉMU NA MOKRÉ VOZOVCE



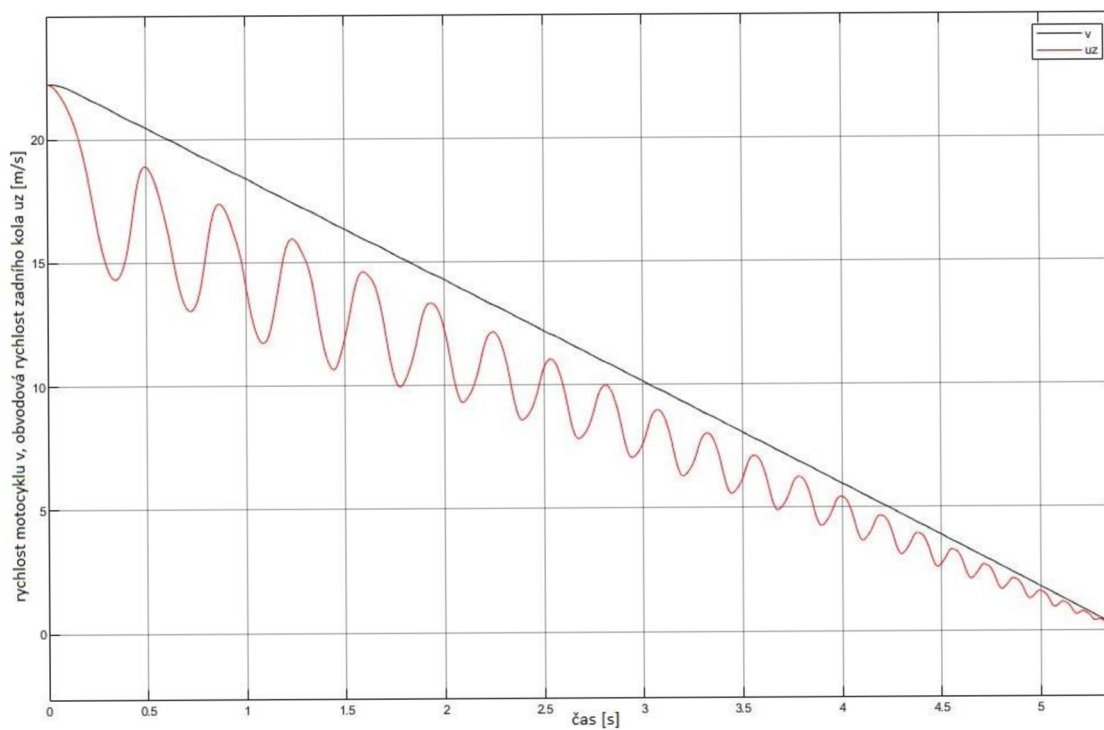
Obrázek 39: Graf zpomalení motocyklu s ABS na mokru [vlastní tvorba]



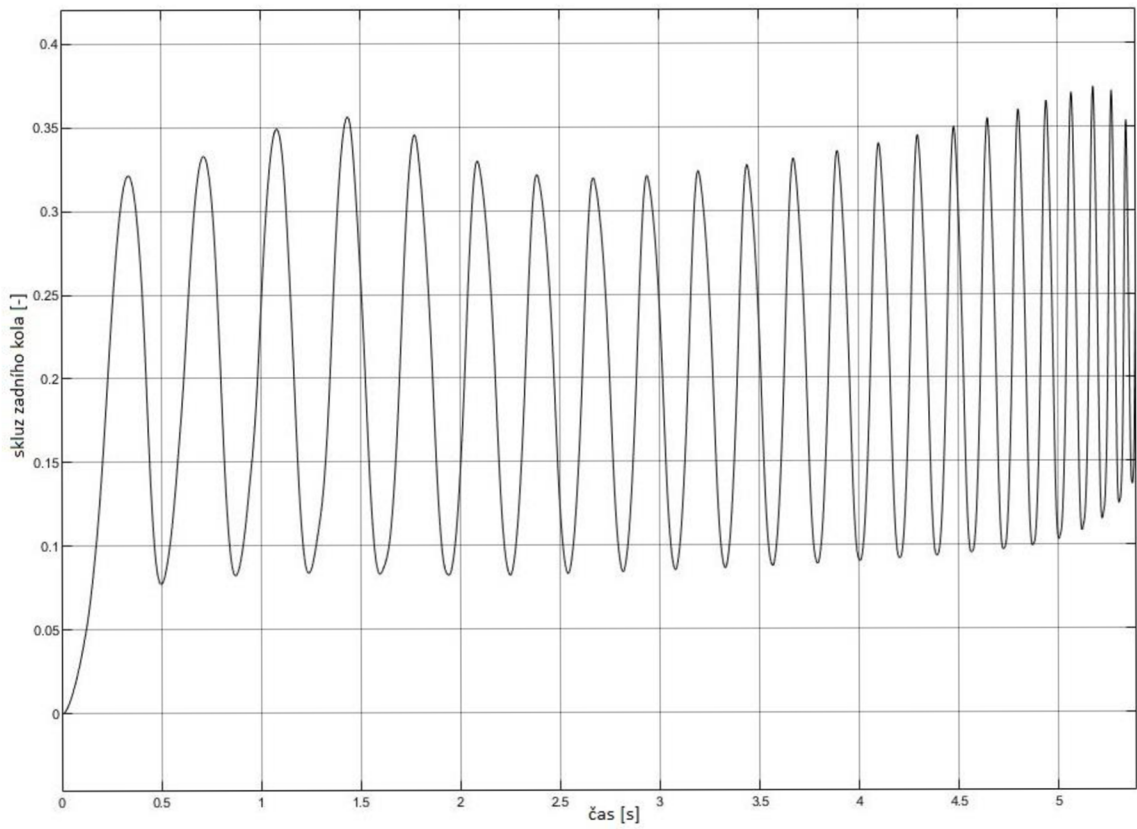
Obrázek 40: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na mokru, vpředu [vlastní tvorba]



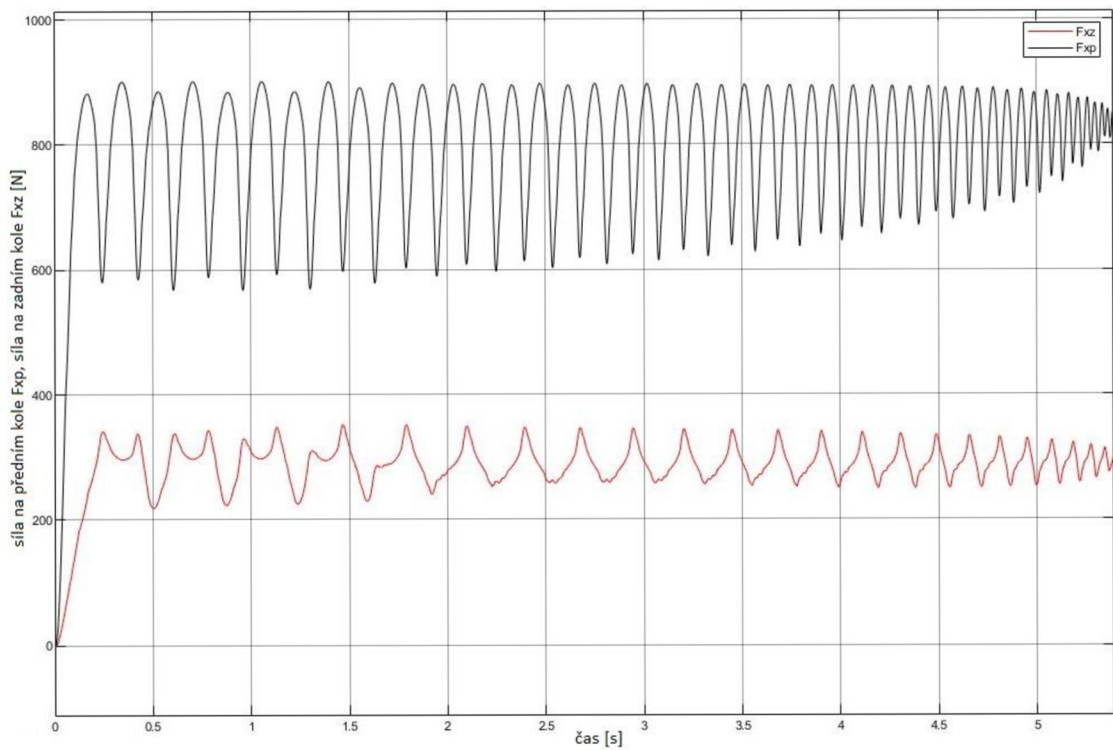
Obrázek 41: Graf průběhu skluzu předního kola s ABS na mokru [vlastní tvorba]



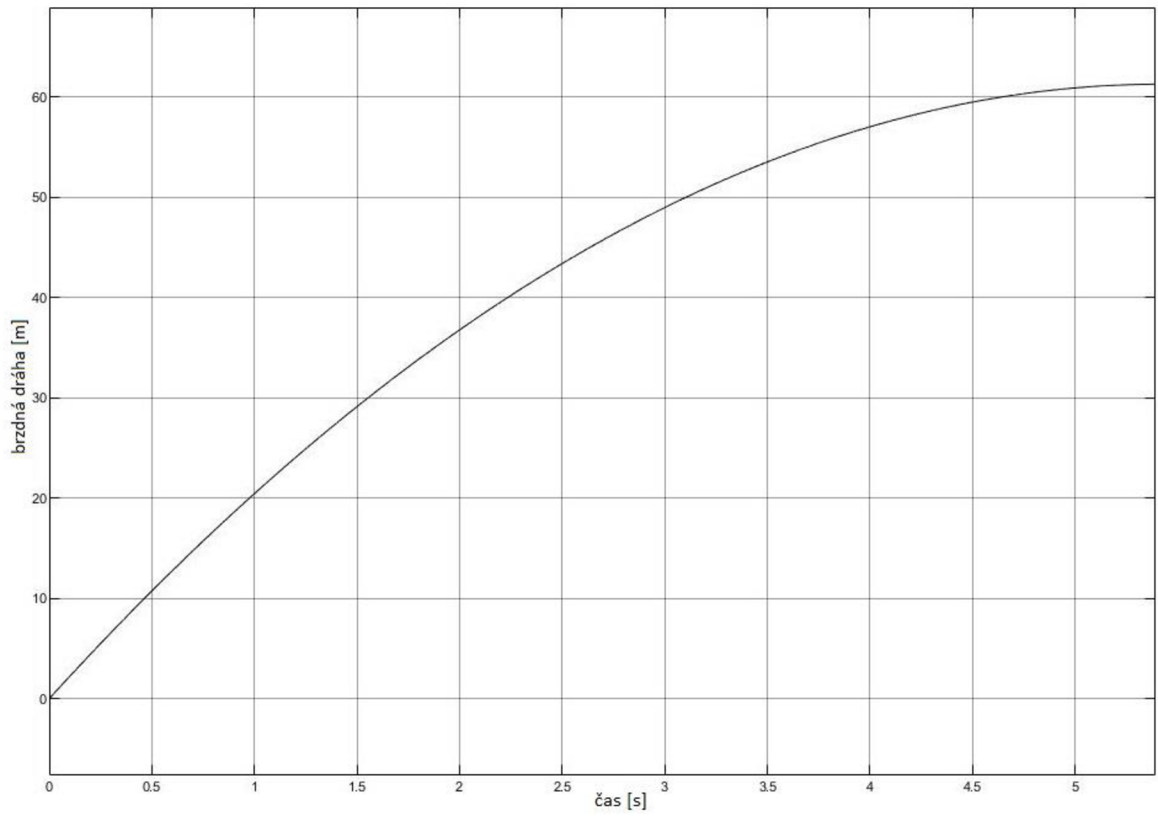
Obrázek 42: Graf průběhů rychlostí motocyklu s ABS na mokru, vzadu [vlastní tvorba]



Obrázek 43: Graf průběhu skluz zadního kola s ABS na mokru [vlastní tvorba]



Obrázek 44: Graf průběhu sil na předním a zadním kole s ABS na mokru [vlastní tvorba]



Obrázek 45: Graf průběhu brzdňé dráhy motocyklu s ABS na mokru [vlastní tvorba]

6.3.3 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Simulace brzdových systémů jak bez ABS, tak i s ABS jsou nastaveny tak, aby bylo maximálně využito adhezních vlastností pneumatiky a vozovky. U systému bez ABS jsou brzdné momenty na jednotlivých kolech nastaveny tak, aby nedocházelo k přílišnému skluzu. Hodnoty skluzu na suché vozovce se ustalují během brzdění na hodnotě 0,13 pro přední kolo, které je brzděno momentem 580 Nm a hodnotě 0,095 pro kolo zadní na které působí brzdný moment 80 Nm. Brzdná dráha dosahuje při úplném zastavení hodnoty 32 metrů. Zvyšování brzdných momentů již nemá velký vliv na snižování brzdné dráhy motocyklu, pouze zvyšuje skluz. Zvyšování skluzu způsobuje negativní dopad na říditelnost vozidla, vozidlo by se stalo neovladatelným. Simulace brzdového systému na mokré vozovce s absencí protiblokovacího systému je nastavena následovně, na přední kolo působí brzdný moment 225 Nm a ten způsobuje ustálený skluz s hodnotou 0,14. Zadní kolo je brzděno momentem 75 Nm, který působí skluz zadního kola s hodnotou 0,085. Při takto nastavených brzdných momentech brzdná dráha dosahuje hodnoty 65 metrů.

Simulace brzdového systému s ABS je nastavena s mírnou odlišností. Elektronický systém ABS modulu je vybaven senzory, které snímají okamžité otáčky kol a tím poskytují aktuální informaci o rychlosti otáčení kol vůči rychlosti vozidla. Systém takto vyhodnocuje skluz na každém z kol a na základě této informace upravuje tlak v hydraulickém okruhu daného kola. Hodnoty skluzu jak pro přední, tak zadní kolo jsou nastaveny na ideální hodnotu 0,2. Tato hodnota je střední hodnotou, kolem které hodnota skluzu při brzdění s plným cyklováním osciluje. Při brzdění motocyklu na suché vozovce se systémem ABS, brzdná dráha dosahuje hodnoty 34 metrů. Tato hodnota je vyšší než u varianty brzdového systému bez ABS, je to dáno nastavením. Při ustálení na již zmíněné hodnotě skluzu na suché vozovce působí konstantní brzdný moment kol. Zatímco u systému s ABS hodnota skluzu kmitá kolem střední hodnoty 0,2 a tím se v krátkém časovém úseku mění brzdové momenty a brzdná dráha se prodlužuje. Hlavní přínos má ale systém ABS při brzdění na mokré vozovce, kde je tento systém schopen v rychlém časovém sledu upravovat hodnoty brzdných momentů a využít tak vlastnosti mokré vozovky pro maximalizaci účinnosti brzdového systému. Hodnota brzdné dráhy na mokré vozovce dosahuje hodnoty 61 metrů, čímž se brzdná dráha oproti systému zkrátila o 4 metry. Další výhodou je, že zůstane vozidlo říditelné i při intenzivním brzdění, při intenzivním brzdění bez systému ABS a velké hodnotě skluzu se může stát vozidlo neovladatelné, tedy nebezpečné.

Uvedené výsledky simulací jsou pro porovnání zadané s co nejpodobnějšími parametry, aby bylo možné výsledky jednotlivých simulací objektivně porovnat. Výsledné grafy znázorňují sledované hodnoty pro zadanou hmotnost motocyklu s jezdcem, která dosahuje hodnoty 262 kg a pro počáteční rychlost 80 km/h. Při simulaci brzdění je vždy uvažováno brzdění přední i zadní brzdou současně, tedy využití maximálního brzdného potenciálu brzdového systému.

V přílohách s čísly 4 a 5 jsou uvedeny kontrolní výpočty pro simulaci v Simulinku. Tyto výpočty jsou provedeny dle předpisů uvedených v kapitole 4.5. Konstanty pro výpočet jsou nastaveny dle uvedených zkoušek brzdových systémů, v těchto přílohách jsou znázorněny grafy vycházející z výsledků simulace v Simulinku. Následně jsou graficky zpracovány a hodnoty z nich jsou použity pro kontrolní výpočty dle předpisů. Výsledky těchto kontrolních výpočtů vychází až na jednu hodnotu velice příznivě. Mírná odchylka středního plného zpomalení při brzdění zadní brzdou s absencí ABS systému je způsobena ponecháním stejného brzdícího momentu jako u předchozích zkoušek, aby bylo možné je objektivně porovnávat. Blokovaná schémata pro výpočet hodnot pro kontrolní výpočty jsou znázorněny v přílohách č. 2, 6 až 9. Součástí těchto příloh je i výpočet sil na ovládacích prvcích brzd, výpočet je uveden pro mnou doporučený přední brzdový třmen, zadní brzdový třmen, přední hlavní brzdový válec a zadní hlavní brzdový válec. Konkrétně jsou to dále uvedené výrobky firmy J.JUAN – přední čtyřpístkový brzdový třmen se čtveřicí 34 mm pístků, zadní dvoupístkový brzdový třmen s dvojicí 25 mm pístků, přední radiální hlavní válec s průměrem pístku 16 mm se stavitelnou ovládací pákou a v poslední řadě zadní hlavní brzdový válec s průměrem pístku 12,7 mm. Síly na takto zvolených prvcích jsou plně vyhovující dle předpisu.

6.3.4 NÁVRH KOMPONENT BRZDOVÉHO SYSTÉMU MOTOCYKLU

Návrh komponent brzdového systému vychází v zásadě z požadavku na brzdový systém. Tento požadavek se dá vyjádřit projevem nástupu brzdného výkonu a samotným brzdným výkonem, tedy silou, která se dá vyvinout na brzdové obložení. Tedy se zvětšujícím se průměrem brzdového pístku se zvyšuje i brzdný výkon, ale snižuje se rychlost nástupu brzdového výkonu. Pro motocykly používané v běžném komerčním provozu se využívají brzdové třmeny s větším průměrem brzdových pístků, běžně okolo 32 až 34 mm. Takovýto třmen se vyznačuje neagresivním nástupem brzdného výkonu a zároveň dobrým brzdícím účinkem. Naopak u závodních a sportovních motocyklů se využívají třmeny s menším průměrem brzdových pístků, hodnota průměru pro tyto třmeny se pohybuje kolem 30 mm. Díky tomu má takovýto brzdový systém velice rychlý nástup brzdného účinku. Další možností je použití brzdových třmenů s asymetricky uloženými brzdovými pístky, tedy třmeny, které v sobě mají více průměrů brzdových pístků. Kde se skloubí právě rychlý nástup brzdového účinku malého průměru pístku a velkým brzdným účinkem většího průměru pístku.

Pro dobrou a očekávanou funkci brzdového systému je zapotřebí zvolit vhodný hlavní brzdový válec. Hlavní brzdové válce se volí podle toho, k jakým účelům je motocykl celkově navržen. Hlavní brzdové válce jsou stejně jako brzdové třmeny osazeny hydraulickými válci s možným různým průměrem pístku. Je tedy možné při daném brzdovém třmenu s danými rozměry brzdových pístků volit různé průměry hlavních brzdových válců a tím měnit reakci a silové působení brzdového systému. Projev brzdového systému se dá přibližně určit z poměrů ploch hlavního brzdového válce a činné plochy pístků v brzdových třmenech.

Poměr ploch Brzdový třmen:hlavní brzdový válec	Projev brzdového systému
33:1	Měkké, necitlivé brzdy
30:1	Měkké brzdy
27:1	Vhodné pro běžné užití
23:1	Ostré, sportovní brzdy
20:1	Tvrdé, závodní brzdy

Pro návrh brzdového systému motocyklu, který bude využíván zejména pro běžný komerční provoz, je tedy vhodné použít poměr ploch zhruba kolem hodnoty 27:1. Takto zvolený poměr by měl zajistit pohodlné a hlavně pro řidiče neúnavné používání a dávkování brzdného výkonu i během dlouhého cestování. [7]

Avšak do návrhu brzdového systému, tedy vytypování hlavního brzdového válce a brzdového třmenu, promlouvá ještě převodový poměr na páce hlavního brzdového válce. Převod na páce je koncipován do násobného zvýšení síly, kterou vyvozuje řidič vozidla na ruční nebo nožní brzdovou páku.

Komponenty brzdového systému jsou voleny hlavně s přihlédnutím na dostupnost na trhu a doporučenou cenu komponenty výrobcem. Části brzdového systému jsou voleny hlavně od španělského výrobce J.JUAN BRAKE SYSTEMS, které jsou dobře dostupné a mají velice příznivou cenovku oproti ostatním výrobcům komponent.

6.3.4.1 VARIANTY PŘEDNÍHO BRZDOVÉHO TŘMENU

Motocykly kategorie L3e-A1 běžně používají jeden brzdový třmen umístěný na levé straně motocyklu ukotvený k odpružené vidlici. Pro tento typ motocyklů, jejich hmotnost a maximální jmenovitý nebo netto výkon motoru, je brzdový účinek dostatečný s jedním brzdovým třmenem. Jednou z variant brzdového třmenu je litý radiální třmen s roztečí upevňovacích šroubů 100 mm. Jedná se o pevný třmen s radiálním uložením, tedy s upevňovacími šrouby umístěnými kolmo na osu otáčení předního kola motocyklu. V třmenu jsou uloženy 4 pístky s průměrem 34 mm a je tedy ideální pro běžný silniční provoz. Je vhodný pro většinu motocyklů, vyrábí se v obou montážních variantách, tedy pro levou i pravou montáž na vidlici motocyklu a má velice dobrý poměr ceny a kvality zpracování. Pro návrh motocyklu, který by měl být pro běžný silniční provoz, je vhodné použít pro tento třmen brzdové destičky výrobce SBS s označením SBS-SI-104HH, které jsou právě pro běžný provoz vhodné. [8]



Obrázek 46: Přední brzdový třmen J.JUAN s roztečí 100 mm [8]

Další možností je v zásadě velmi podobný třmen stejného výrobce. Tento třmen má větší 108 mm rozteč upevňovacích šroubů a upravené uložení brzdových destiček pro jejich výměnu bez použití nářadí. Pro tento třmen je vhodné použít stejné brzdové destičky jako pro předchozí typ. [9]



Obrázek 47: Přední brzdový třmen J.JUAN s roztečí 108 mm [9]

Pro obě varianty třmenů lze použít brzdové kotouče o tloušťce 4,5 až 5,5 mm. U výběru kotoučů je základním předpokladem zvolit upevnění kotouče, které se provádí obvykle dvěma možnými způsoby. Jedním způsobem je unášec na ose kola, druhým je montáž šroubovým spojením na ráfek kola motocyklu. Průměr kotouče je možný od 290 do 330 mm. Cena těchto konkrétních brzdových třmenů se pohybuje kolem 5000 Kč, což je velice příznivá cenovka.

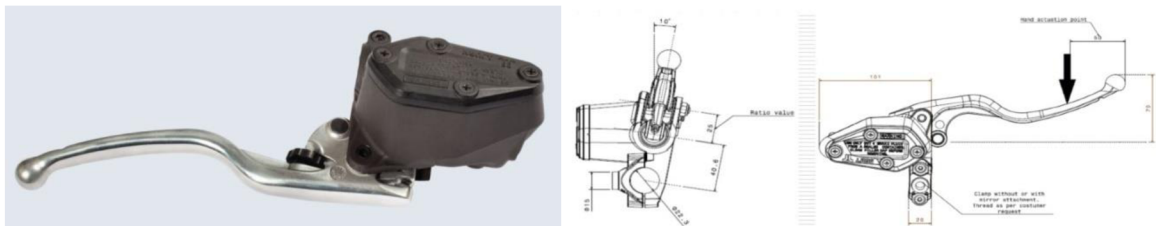
6.3.4.2 VARIANTY PŘEDNÍHO BRZDOVÉHO VÁLCE

Přední hlavní brzdový válec se na motocykly umísťuje na řídítka, na pravou stranu. Součástí brzdového válce je i nádobka na brzdovou kapalinu, ta může být jak integrována přímo do těla schránky, kde je umístěn vlastní brzdový válec, nebo může být externě připevněna na řídítkách motocyklu a s válcem propojena hydraulickou hadicí, či trubkou.

Dnes jsou běžně používány dva typy hlavních brzdových válců. Může být použita varianta s axiálně uloženým válcem, tento typ má hydraulický válec uložen podélně s brzdovou pákou ovládanou řidičem motocyklu. Síla vyvinutá prsty řidiče je tedy přepákováním otočena o 90°. Druhou variantou je válec uložený radiálně, to znamená kolmo na brzdovou páku. Síla vyvinutá prsty se tedy neotáčí o 90° a směřuje stejným směrem. [7]

Pro účely návrhu brzdového systému motocyklu s nízkým výkonem, který bude osazen jedním brzdovým třmenem se čtveřicí brzdových pístků s průměrem 34 mm vpředu, jsou vhodné varianty hlavního brzdového válce s průměrem v rozmezí 12 až 16 mm, při použití standardních konvenčních brzdových válců. Další možností je použití radiálních brzdových válců s novou, inovativní technologií nastavování délky páky působící na brzdový pístek. Tedy tato technologie umožňuje nastavení silového poměru na brzdové páce. Tím je možné měnit projev brzdového systému a pocit na brzdové páce. Zde je možné se držet u vyšší hranice průměru brzdového válce.

Jednou z variant je hlavní brzdový válec ze základní řady výrobce J.JUAN, jedná se o kompaktní axiální brzdový válec s nádobkou na kapalinu umístěnou ve vlastním těle brzdového válce. Tělo a páka je gravitačně odlita z hliníkové slitiny, tělo je následně eloxováno a páka mechanicky leštěna. Interní nádobku na brzdovou kapalinu kryje polyamidové víčko. Uvnitř těla se nachází brzdový válec s průměrem pístku od 12,7 do 16 mm. Z nabízených variant průměru pístku je vhodný brzdový válec s průměrem 14 mm. Převodový poměr páky dosahuje hodnoty 5,3. [10]



Obrázek 48: Hlavní přední brzdový válec J.JUAN s průměrem pístku 14 mm [10]

Další možností je radiální hlavní brzdový válec s externě umístěnou nádobkou na brzdovou kapalinu. Tělo je gravitačně odlito z hliníkové slitiny, páka a upevňovací prvky jsou vyrobeny tlakovým litím hliníkové slitiny. Nádobka na kapalinu je z polyamidu a k brzdovému válci je připojena hadicí. Brzdový válec s pístkem je o průměru 16 mm a páka působící na pístek je nastavitelná v rozmezí 18 až 20 mm, tím je možné si nastavovat odezvu brzdového systému. Dle závislosti na délce nastavitelné páky působící na pístek se převodový poměr pohybuje mezi 8 (pro délku 18 mm) a 7,2 (pro délku 20 mm). [11]



Obrázek 49: Hlavní přední brzdový válec J.JUAN radiální s průměrem pístku 16 mm [11]

Alternativou je radiální brzdový válec firmy BREMBO, rozměr brzdového pístku má 15 mm a je možné nastavovat délku páky působící na brzdový pístek, podobně jako u výrobce J.JUAN. Dle nastavené délky páky působící na brzdový pístek, která je nastavitelná v rozmezí 18 až 20 mm, lze měnit převodový poměr páky mezi hodnotami 8 (pro 18 mm nastavení páky) až po 7,25 (pro 20 mm nastavení páky). Cena takového válce se pohybuje kolem 7500 Kč [12]

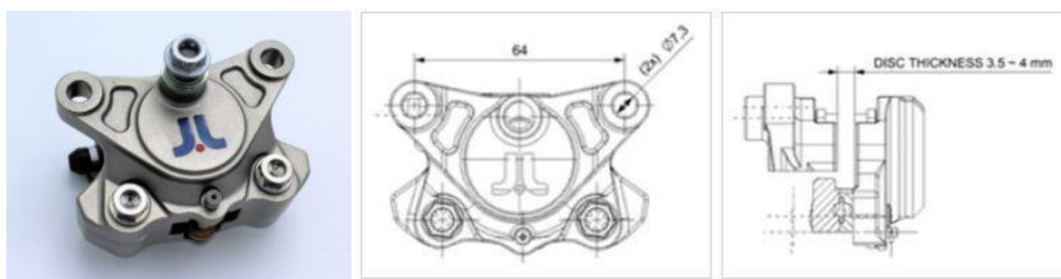


Obrázek 50: Hlavní přední brzdový válec BREMBO radiální s průměrem pístku 15 mm RCS [12]

6.3.4.3 VARIANTA ZADNÍHO BRZDOVÉHO TŘMENU

Vhodným zadním brzdovým třmenem je pro tento typ motocyklu pevný axiální třmen s dvojicí brzdových pístků s průměrem 25 mm. Takovýto axiální brzdový třmen se k držáku, či přímo k zadní kyvné vidlici motocyklu připevňuje šrouby umístěnými ve směru osy otáčení zadního kola. Brzdný účinek takového třmenu je naprosto dostačující pro hmotnosti a výkonnosti tohoto typu vozidel.

Společnost J.JUAN nabízí v tomto segmentu třmenů právě tento typ. Jedná se o plně obráběný díl z hliníkové slitiny s eloxovanou povrchovou úpravou. Vyniká svou malou velikostí a hlavně nízkou hmotností, která se pohybuje okolo 190 gramů i s brzdovými deskami. Cenovka takového dílu se pohybuje kolem hodnoty 7500 Kč. Pro tento typ motocyklu využívaný pro běžný silniční provoz jsou k tomuto brzdovému třmenu vhodné brzdové destičky výrobce SBS s označením SBS-S-60HH.

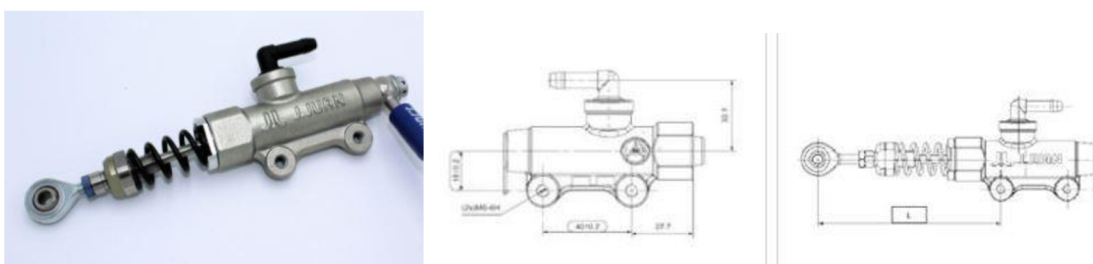


Obrázek 51: Zadní pevný brzdový třmen J.JUAN s pístky 2x25 mm [13]

Tento brzdový třmen má výrobcem stanovený vhodný brzdový kotouč o tloušťce 3,5 až 4 mm o průměru 220 mm. [13]

6.3.4.4 VARIANTA ZADNÍHO BRZDOVÉHO VÁLCE

Výrobce J.JUAN má v sortimentu více zadních brzdových válců. Vhodná varianta z nich je brzdový válec s vyměnitelnou tzv. pocitovou pružinou. Touto pružinou se dá výrazně ovlivňovat projev a zpětná vazba brzdového systému na nohu řidiče vozidla. Díky tomu se dá nastavit dobrá tuhost a dávkování brzdného účinku, k tomu je možné si navolit potřebnou délku táhla působícího na pístek. Tento brzdový válec se vyrábí ve dvou variantách velikosti pístku, o průměru 12,7 mm a 14 mm. Pro vybraný zadní brzdový třmen je vhodné použití menší velikosti pístku. Válec je vybaven externí nádobkou na brzdovou kapalinu a dodává se s 1 metr dlouhou propojovací hadicí pro dodatečné zkrácení na požadovanou míru. Zadní hlavní brzdové válce nemají stanovený převodový poměr, ten se určí dle zvolené nožní páky. Cena tohoto výrobku je opět příznivá a pohybuje se kolem hodnoty 3000 Kč. [14]



Obrázek 52: Hlavní zadní brzdový válec J.JUAN s výměnou pružinou, průměr pístku 12,7 mm [14]

6.3.4.5 VARIANTY ABS MODULU

Navrhovaný brzdový systém pro motocykl kategorie L3e-A1 zahrnuje jednu hydraulickou kotoučovou brzdu na předním kole, taktéž na zadním kole je navržena jedna kotoučová brzda. Pro takto řešené výkonné členy brzdového systému je vhodné použít dvoukanálový ABS modul pro oddělené řízení tlaku kapaliny pro přední a zadní brzdový okruh. Motocykly této kategorie mohou být vybaveny (dle homologačních předpisů) jen kombinovaným brzdovým systémem, případně kombinací ABS a CBS systémů.

Jelikož si výrobci protiblokovacích ABS systémů veškerá podrobnější technická data svých výrobků dobře chrání, je i pro účely této práce nemožné získat více informací. Tudíž návrh variant těchto řídicích modulů je nutné omezit pouze na výběr nabízených výrobků různých výrobců. Renomovaní výrobci brzdových systémů nabízí různé varianty ABS modulů, např. firma Continental má ve svém portfoliu součástí i jednocanálové moduly a velice propracovaný integrovaný brzdový systém.

Jednou z možných variant je řešení systému od společnosti CONTINENTAL, konkrétně je to systém MK 100 MAB – Anti-lock Brake System. Jedná se o dvoukanálový ABS systém, který nabízí vylepšené vlastnosti kontroly brzdění a dává lepší bezpečnost a optimalizovaný průběh zpomalování. Zajišťuje funkci proti blokování jak předního, tak zadního kola. Navíc nabízí funkci ochrany zvedání zadního kola pro další optimalizování zpomalování a stability vozidla při brzdění. Obsahuje i několik možností nastavení funkce ABS, pro různé režimy provozu motocyklu. K tomuto systému patří i kompatibilní senzory rychlosti otáčení kol, které předávají informaci o rychlosti otáčení kol řídicí jednotce ABS modulu. [15]



Obrázek 53: ABS modul MK 100 MAB (vlevo), senzor rychlosti otáčení kol (vpravo) [15]

Druhou možnou variantou je dvoukanálová varianta 10. generace ABS systému společnosti BOSCH. Tuto variantu společnost uvedla na trh v roce 2016 jako nástupce starší 9. generace, od té se odlišuje nižší hmotností a kompaktnějšími rozměry pro zástavbu. Nová generace vyšla do produkce s velkými výrobci motocyklů, konkrétně Kawasaki a Suzuki. Je tedy možné tento modul prozatím objednat pouze jako náhradní díl pro motocykly zmíněných výrobců, příkladem je motocykl SUZUKI GSX-R125 modelového roku 2018. K modulu je možné použít senzory rychlosti otáčení kol od jakéhokoli výrobce. [16] [17]



Obrázek 54: ABS modul BOSCH generace 10 [16]

Další možnou alternativou ABS modulu je tzv. upgrade kit čínských výrobců, které je možné objednat na čínských elektronických obchodech. Jakékoliv technické specifikace, či informace jsou nedohledatelné, tudíž se kvalita těchto výrobků nedá posoudit. Tyto kity se dodávají s veškerým příslušenstvím a jsou původně určené na zástavbu do již provozovaných motocyklů, ale nic nebrání tomu ho využít i pro návrh brzdového systému. Oproti předchozím variantám modulů od renomovaných značek, které sahají cenovkou do hodnot kolem 30 000 Kč, jsou čínští výrobci s cenou výrazně nižší, jejich cena se na trhu pohybuje od hodnoty 4000 Kč po 7000 Kč.



Obrázek 55: ABS moduly čínských výrobců [18] [19]

7 METODIKA MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ BRZDOVÉHO SYSTÉMU

Dle homologačních nařízení, předpisů a hlavně kvůli bezpečnosti je zřejmé, že je nutné brzdové systémy jednostopých vozidel testovat a vyhodnocovat jejich účinnost. Tato část práce se zabývá návrhem metodiky měření a vyhodnocování brzdového systému skutečného, již vyrobeného motocyklu. Pro tyto účely je též vhodné využít komerčně dostupných zařízení pro měření vhodných veličin, tedy zpomalení, rychlosti a polohy motocyklu. Dle předpisu EHK78 je potřeba měřit ještě sílu na brzdové páce. Dále je pro tento typ měření vhodné využít i dostupného softwaru pro záznam těchto měření.

7.1 MOBILNÍ TELEFON JAKO MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Jednou z možností je využití mobilního telefonu jako měřícího zařízení. Moderní mobilní telefony jsou vybaveny relativně vhodnými senzory pro měření zrychlení, natočení, rychlosti a GPS moduly pro určení polohy. Malý problém ale nastává v určení časového bodu, kdy byl aktivován ovládací prvek brzd a měření ovládací síly, kterou byla tato páka aktivována a její časový průběh. Avšak pro orientační měření a určení maximálních zpomalení a brzdných drah je toho vhodné řešení. Pro měření mobilním telefonem je možné využít software společnost MathWorks, konkrétně MATLAB Mobile. Technická univerzita v Liberci nabízí svým studentům bezplatné akademické licence na řadu produktů této společnosti, mezi nimi právě MATLAB, a to jak ve verzích na PC, tak právě mobilní verze. Je tedy možné mít propojená zařízení využívající takovéto programové vybavení a tudíž je možné mobilní telefon využívat jako měřící zařízení a data zpracovávat a vyhodnocovat v přehlednějším a výkonnějším prostředí MATLABU na PC.

Mobilní program umožňuje využití senzorů mobilního telefonu a je možné ho instalovat na dnes nejvíce používané operační systémy iOS společnosti Apple i Android společnosti Google. Konkrétně u mobilního telefonu Apple iPhone SE je možné využívat řadu senzorů, zrychlení ve třech osách, magnetické pole ve třech osách, orientaci – azimut, klopení a klonění, úhlové zrychlení ve třech osách a pozici telefonu ve smyslu zeměpisné šířky a délky, rychlosti, nadmořské výšky, kurzu a horizontální přesnosti. Při měření za pomoci tohoto programu je možné si nastavit vhodnou vzorkovací frekvenci, tedy množství zaznamenaných bodů měření za jednu sekundu záznamu. Vzorkovací frekvenci je možné nastavit ve velkém rozmezí, defaultně je nastavena na 10 Hz. Veškerý datový záznam lze nahrát na server, ze kterého je poté možné datalog stahovat do ostatních zařízení a dále ho zpracovávat. [23]



Obrázek 56: Náhled aktivace senzorů MATLAB Mobile [23]

Varianta s využitím mobilního telefonu jako měřicího přístroje má výhodu, že dnes vlastní mobilní telefon snad každý. Není tedy nutné pořizovat další měřicí techniku. Jediným příslušenstvím, které je vhodné k mobilnímu telefonu pořídit je kvalitní držák telefonu, který by bylo možné umístit na řídítka motocyklu, či na rám vozidla.

7.2 EXTERNÍ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Na trhu je několik výrobců měřicí techniky založené na vysokorychlostní GPS technologii přijímačů. Většina těchto zařízení pracuje s danou 10 Hz vzorkovací frekvencí, tedy danou rychlostí snímání dat za sekundu. Tyto zařízení lze připojit k mobilnímu telefonu nebo k notebooku, či datové sběrnici. Připojení těchto zařízení je možné buď datovým kabelem nebo technologií bluetooth pro vzdálenější přenos dat. Tato zařízení jsou dodávána se samolepící magnetickou podložkou pro snadné umístění kamkoli na vozidle. Tyto zařízení vynikají svými kompaktními rozměry, díky kterým je možné zařízení dobře umístit na vozidlo. Rozměry se pohybují v hodnotách 80 mm délky, 20 mm hloubky a šířky 29 mm (Dragy) nebo 46,5 mm (Qstarz). Tato zařízení jsou běžně komerčně dostupná, dají se pořídit na běžně používaných webových stránkách s elektronikou. Cenou se pohybují od 3000 Kč (Qstarz) až po 5000 Kč (Dragy). [24] [25]



Obrázek 57: GPS zařízení Dragy GPS Performance Box (vlevo), Qstarz BT-Q818XT (vpravo) [24] [25]

7.2.1 MĚŘENÍ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA AKTIVAČNÍ PÁKU BRZDY

Dle předpisu EHK OSN č 78 je nutné měřit sílu působící na každý z aktivačních prvků brzd. Jelikož se jedná již o velice specifické způsoby měření sil na velice nepříznivých místech, díky rozměrům brzdových pák a také kvůli jejich pohybu. Pro tento typ měření sil se vyrábí specializované přípravky pro upnutí přímo na ovládací páku brzd.

Jednou z možností, kterou lze na webu dohledat je měřící zařízení, které nabízí firma KISTLER, jedná se o HFT sensor (hand-lever force sensors). Toto externí zařízení pro přímou montáž na ruční aktivační páku brzd nabízí rozsah měřené velikosti síly v dostatečném rozmezí, které požaduje předpis. Tento senzor má měřící rozsah od 0 do 500 N, kde maximální hodnoty dovolené síly dané zkouškami je 450 N. Výstupem tohoto zařízení je analogový signál a pro šesti pinový konektor výrobce přímo dodává redukci na klasické USB rozhraní, pro které jsou s touto redukcí dodávány i ovladače pro zaručenou funkci i s klasickým PC. V příloze č. 10 se nachází kompletní popis výrobku i s kódovým označením příslušenství. [26] [27]



Obrázek 58: KISTLER HFT senzor

V podstatě identické měřící zařízení pro měření síly působící na ruční ovládací prvek nabízí i firma CORRSYS DATRON. Podrobný popis tohoto výrobku je přiložen v příloze č. 11. [28]

8 ZÁVĚR

Úvodní část práce shrnuje obecnou problematiku brzdění motocyklu s ohledem na směrovou stabilitu při brzdění a také samotné brzdění. V této části jsou sepsány základní typy brzdových systémů, jsou zde popsány konkrétní konstrukční provedení brzd a jejich součástí, od jednoduchých mechanických bubnových brzd jednočinných a dvojčinných, po kotoučové brzdy. Téma kotoučových brzd popisuje obecné schéma principu funkce všech těchto brzd a jsou zde vyobrazeny konkrétní typy a principy používaných kotoučových brzd na motocyklech. Tato část obsahuje i principy řízení brzdových systémů, konkrétně svázaný brzdový systém a protiblokovací systém brzd.

Druhá část práce je zaměřena na homologační předpisy a nařízení pro umožnění uvedení motocyklu na trh z hlediska brzdění. Je zde uvedena přehledná tabulka kategorií a podkategorií motocyklů, dle které se tato vozidla klasifikují. Dále tato část shrnuje základní definici obsahu předpisu EHK OSN č. 78 a požadavků na brzdové systémy. Jsou zde uvedeny základní metody měření dynamické účinnosti brzdových systémů a podmínky zkoušek těchto systémů. Poměrně velká část se věnuje vlastním zkouškám brzdových systémů vycházejících ze zmíněného předpisu pro schvalování vozidel. Jelikož je dnes již nutnost, aby byly motocykly vybaveny protiblokovacími systémy ABS nebo kombinovaným brzdovým systémem již od kategorie L3e-A1, na kterou se tato diplomová práce zaměřuje, jsou zde popsány zkoušky i těchto systémů.

Praktická část této práce ukazuje jeden z možných přístupů k simulaci brzdového systému motocyklu s využitím softwaru Matlab SIMULINK. Vytvořil jsem pro tuto část základní schéma, ze kterého následně vychází blokové schéma v uvedeném programu, kde jsou sestaveny rovnice pro výpočet základních kinematických a dynamických veličin působících na vozidlo během brzdění. Simulace jsou rozděleny do dvou základních typů, první část zobrazuje výpočet veličin při použití brzdového systému bez podpůrných prvků, konkrétně bez systému ABS. Výsledky tohoto výpočtu zobrazují, že při dobré volbě brzdných momentů, které vyvozují kotoučové brzdy, se dá na suché vozovce dosahovat lepších výsledků brzdné dráhy než při využití ABS systémů. Oproti tomu na mokré vozovce může i nepatrná změna brzdných momentů způsobit poměrně velký skluz a tím dát zárodek nebezpečné situace, která může za provozu na pozemních komunikacích vzniknout. Druhou částí je simulační výpočet brzdového systému s využitím systému ABS na předním i zadním kole motocyklu. Využitím tohoto systému se na mokré vozovce projevuje zlepšení brzdných vlastností vozidla a hlavně je skluz udržován v mezích, kdy je vozidlo stále bezpečně říditelné. Dalším bonusem je zkrácení brzdné dráhy motocyklu na mokré vozovce v přímém směru jízdy.

Tato část práce obsahuje další simulace brzdového systému, kde je porovnáván navržený brzdový systém s předpisy danými EHK OSN č. 78. Takto navržený brzdový systém bez problému vyhovuje předpisům.

Praktická část této práce zahrnuje i návrh komponent brzdového systému, využitelných při konstrukčním návrhu celého motocyklu. Jsou zde vybrány komponenty s ohledem na kvalitu a příznivou tržní cenu součástí, proto je většina komponent vybrána od španělského výrobce brzdových systémů pro motocykly J.JUAN, který dodává tyto komponenty velkým světovým výrobcům motocyklů. V návrhu komponent se nenachází vybrané kotouče, jelikož výběr kotoučů přímo závisí na použitých nábojích kol, či celých kolech. V návrhu jsou tedy uvedeny rozměry kotoučů, které jsou vhodné pro vybrané brzdové třmeny. Poslední část práce se věnuje návrhu metodiky a vyhodnocování brzdového systému za použití komerčně dostupných pomůcek. Uvedeno je zde použití mobilního telefonu jako měřícího zařízení s využitím softwaru Matlab MOBILE a také možnosti s využitím externích měřících zařízení propojitelné s PC nebo mobilním telefonem.

9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Schéma simulace bez ABS – sucho
- Příloha 2 – Schéma simulace bez ABS – mokro
- Příloha 3 – Schéma simulace s ABS
- Příloha 4 – Mezní hodnoty brzdění bez ABS
- Příloha 5 – Mezní hodnoty brzdění s ABS
- Příloha 6 – Schéma simulace bez ABS přední kolo sucho
- Příloha 7 – Schéma simulace bez ABS zadní kolo sucho
- Příloha 8 – Schéma simulace s ABS přední kolo
- Příloha 9 – Schéma simulace s ABS zadní kolo
- Příloha 10 – KISTLER HFT senzor [27]
- Příloha 11 – CORRSYS DATRON senzor [28]
- Příloha 12 – Jednoduché schéma ABS okruhu

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VLK, František. Brzdové systémy motocyklů. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, **2005**(16), 254 - 267. ISSN 1211-443X.
- [2] JANSA, Vladimír a kolektiv. *Konstrukce motocyklů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960.
- [3] TRNA, Lukáš. *Brzdový systém formule student*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 78 - Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií L1, L2, L3, L4 a L5 z hlediska brzdění [2015/145]*. In: . 2015.
- [5] *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 168/2013: o schvalování dvoukolových nebo tříkolových vozidel a čtyřkolek a dozoru nad trhem s těmito vozidly*, ze dne 15. ledna 2013, 168/2013.
- [6] HUMUSOFT. *Simulink* [online]. HUMUSOFT [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.humusoft.cz/matlab/simulink/>
- [7] Brembo - dobré brzdy chrání životy. *Motosvet.cz* [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://motosvet.cz/vybaveni/217-brembo-dobre-brzdy-chrani-zivoty.html>
- [8] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/die-cast-2p-radial-caliper-left-hand-100mm-interaxis-piston-sizes-3430mm/>
- [9] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/die-cast-2p-radial-caliper-left-hand-108mm-interaxis-piston-sizes-3430mm/>
- [10] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/axial-master-cylinder-die-cast-body/>
- [11] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/hand-radial-master-cylinder-die-cast-body-with-remote-reservoir/>
- [12] *Sportbiketrackgear.com* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://www.sportbiketrackgear.com/brembo-15mm-rcs-radial-brake-master-cylinder/>
- [13] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/full-cnc-rear-1p-axial-caliper-64mm-interaxis-piston-size-25mm/>
- [14] J.JUAN BRAKE SYSTEMS [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://jjuan.es/en/product/rear-racing-master-cylinder-with-integrated-reservoir-copia/>
- [15] *Continental The Future in Motion* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://www.continental-industry.com/getmedia/99cfccbc-2d47-4714-92c0-68ea0ee4d6af/MFS-2017-En-Motorcycles-Scooters.pdf>

- [16] *BOSCH* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/boschs-new-motorcycle-abs-10-goes-into-production-with-kawasaki-and-suzuki-74624.html>
- [17] *Parts DEPOT* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://partsdepot.cz/originalni-dily/motorky/Suzuki/2018/GSX-R125+2018/616225/>
- [18] *Alibaba.com* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Motorcycle-Anti-Lock-Braking-System-ABS_62286331595.html
- [19] *Alibaba.com* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Motorcycle-electric-vehicle-upgrading-hydraulic-brake_1600054366825.html?spm=a2700.details.maylikeexp.1.131553338TU4kN
- [20] *Motostop.eu* [online]. [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.motostop.eu/moto/SUZUKI_GSX_R125_ABS_2018_SPORT/17536
- [21] *Bikes.cz* [online]. [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.bikes.cz/2020/kawasaki-ninja-125>
- [22] *KTM AUTONOVA* [online]. [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.ktm-autonova.cz/motocykly/ktm-125-duke-2021/#neprehlednete>
- [23] *MATLAB Mobile* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: https://www.mathworks.com/products/matlab-mobile.html?s_tid=srchtitle
- [24] *AUTOWERKS.cz* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.autowerks.cz/cs/skoda/dragy-gps-performance-box-10527.html>
- [25] *CONRAD* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/qstarz-bt-q818xt-bluetooth-gps-prijimac-cerna-1198879?&vat=true&qclid=Cj0KCQjwytOEBhD5ARIsANnRjVg34li21buVUM2e7wwSudTzb_oGU8KSUHIEdDGk3P4lZuKxIRfx2ECkaAi1EALw_wcB
- [26] *KISTLER measure. analyze. innovate.* [online]. [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://www.kistler.com/en/product/type-chfta/>
- [27] *KISTLER measure. analyze. innovate.* [online]. [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: <https://www.kistler.com/files/document/003-106e.pdf>
- [28] *CORRSYS DATRON Sensorsysteme* [online]. [cit. 2021-5-28]. Dostupné z: https://www.measure.com.au/tiny_mce_gallery/files/hand_lever_force_transducer_brochure.pdf