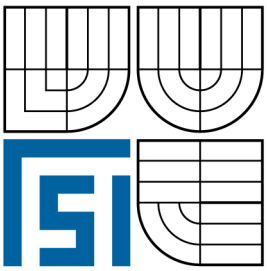


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH ŘÍDÍCIHO SYSTÉMU MOTOCYKLU K POTLAČNÍ JEZDECKÝCH CHYB VEDOUCÍ K NEHODÁM

PROPOSAL CONTROL SYSTEM MOTORCYCLE TO SUPPRESS RIDING ERRORS LEADING TO ACCIDENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE **Bc. Tomáš Přibyl**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **Ing. Daniel Zuth**
SUPERVISOR

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Přibyl

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh řídícího systému motocyklu k potlačení jezdeckých chyb vedoucích k nehodám

v anglickém jazyce:

Proposal control system motorcycle to suppress riding errors leading to accidents

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce řeší obecný návrh systému automatického řízení výkonu motoru a brzdného účinku motocyklu tak, aby nedocházelo k zbytečným nebezpečným situacím, k zlepšení jízdních vlastností a k potlačení příčin vzniku nehody vlivem chybných rozhodnutí řidiče. Je požadováno navrhnout obecný systém, založený především na návrhu senzoriky a řídících obvodů, jejich vzájemných vazeb a návrh řídícího procesoru, který bude bez vědomí řidiče zasahovat do řízení motocyklu

Cíle diplomové práce:

1. Analyzovat vliv jednotlivých jezdeckých chyb na nebezpečnou jízdu či pády při řízení motocyklu.
2. Analyzovat vliv výkonu motoru a brzdného účinku na motocykl při různých situacích.
3. Navrhnout senzoriku pro odhalení jezdeckých chyb.
4. Navrhnout celkovou koncepci řízení výkonu motoru a brzdného účinku a podrobněji zpracovat některé klíčové obvody.
5. Pomocí simulace porovnat účinnost navrženého systému.
6. Shrnout získané poznatky.

Seznam odborné literatury:

NOVÁK P.: Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení. BEN, 2005.
MARTINEK R.: Senzory v průmyslové praxi. BEN, 2004
KREIDL M., ŠMÍD R.: Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu. BEN, 2006
BALÁTĚ,J. Automatické řízení. BEN, 2003.
ŠVARC,I. & ŠEDA,M. & VÍTEČKOVÁ,M. Automatické řízení. VUT v Brně, 2007
Firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. Daniel Zuth

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 23.11.2008

L.S.

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D. Ředitel ústavu	doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce řeší obecný návrh systému automatického řízení výkonu motoru a brzdného účinku motocyklu tak, aby nedocházelo ke zbytečným nebezpečným situacím a ke zlepšení jízdních vlastností a k potlačení příčin vzniku nehody vlivem chybných rozhodnutí řidiče.

Je požadováno navrhnout obecný systém, založený především na návrhu senzoriky a řídících obvodů, jejich vzájemných vazeb, návrh řídícího procesoru, který bude bez vědomí řidiče zasahovat do řízení motocyklu.

ABSTRACT

Work tackles the general design systems of automatic control of engine power and braking effects so that avoid any unnecessary dangerous situations and to improve the driving characteristics and suppression causes of accident due to bad decisions of driver.

Is required to propose a general system based on the draft sensors and control circuits, their relationships, design control processor, which will be without the knowledge of the driver intervene in driving motorcycle.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kammova kružnice, ABS, indukční snímač, akcelerometr, gyroskop, optoelektrický snímač, elektrohydraulické servo, řidič, motocykl, smyk kola, prokluz kola, zrychlení, náklon

KEYWORDS

Kammova circle, ABS, inductive sensor, accelerometer, gyroscope, optoelektrický sensor, electro-servo, driver, motorcycle, wheel slip, acceleration, tilt

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Danielu Zuthovi za rady a připomínky k vypracování této práce.

OBSAH

1 ÚVOD……..…… 3
2 ANALÝZA JEZDECKÝCH CHYB NA NEBEZPEČNOU JÍZDU…….. 5
3 ANALÝZA VLIVU VÝKONU MOTORU A BRZDNÉHO ÚČINKU……. 9
3.1 Jízda po zadním kole……9
3.2 Prokluz zadního kola……10
3.3 Smyk zadního kola při brzdění……11
3.4 Smyk předního kola při brzdění…….. 11
3.5 Jízda po předním kole……..…… 12
3.6 Smyk zadního kola v zátočině…….. 13
3.7 Smyk předního kola v zátočině……15
3.8 Pád motocyklu v zátočině…… 15
3.9 Prokluz zadního kola v zátočině…….. 15
3.10 Shrnutí…… 16
4 NÁVRH SENZORIKY PRO ODHALENÍ JEZDECKÝCH CHYB……. 19
4.1 Omezující podmínky…… 19
4.2 Snímané veličiny…… 19
4.3 Podmínky snímání veličin……20
4.3.1 Obecné podmínky……...20
4.3.2 Podmínky jednotlivých snímaných veličin……20
4.4 Snímače…….. 20
4.4.1 Indukční snímač otáček…… 21
4.4.2 Akcelerometr……..22
4.4.3 Snímání náklonu……25
5 NÁVRH KONCEPCE ŘÍZENÍ VÝKONU MOTORU A BRZDNÉHO ÚČINKU…… 29
5.1 Montáž snímačů na motocykl……...29
5.1.1 Montáž indukčních snímačů……...29
5.1.2 Montáž akcelerometrů…… 30
5.1.3 Montáž optoelektrických snímačů……..30
5.2 Vlastní návrh systému……...31
5.3 Další potřebné komponenty……..39
6 OVĚŘENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU V SIMULAČNÍM PROSTŘEDÍ…….. 41
6.1 Popis modelu…….. 41
6.1.1 Řidič……41
6.1.2 Motocykl……..…….. 42
6.1.3 Systém navržený dle kap. 5.2…… 43
6.1.4 Signalizace…… 43
6.1.5 Nastavení…… 44
6.2 Počáteční nastavení simulace……44
6.3 Ověření funkčnosti modelu…….. 45
6.3.1 Navržený systém vypnutý, dokonalý řidič…… 45
6.3.2 Navržený systém zapnutý, dokonalý řidič……..46
6.3.3 Navržený systém vypnutý, řidič s chybami…… 46
6.3.4 Navržený systém zapnutý, řidič s chybami…… 47
6.4 Vyhodnocení simulace…….. 47
7 SHRNUTÍ……53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY……55
Přílohy……..…… 57

1 ÚVOD

Podle podkladů ing. Jiřího Firsta, který se svými studenty Dopravní fakulty ČVUT v Praze zabývá pasivní bezpečností jednostopých vozidel, a podle současných dostupných statistik je na zeměkouli půl až tři čtvrtiny miliardy provozuschopných dvoukolek, včetně mopedů, skútrů a motorových kol.

V praxi to znamená, že každý dvanáctý obyvatel naší planety může „šlápnout a jet“. Tato skutečnost je v ostrém kontrastu s tím, jak málo se řeší pasivní bezpečnost motocyklistů – ať už je to samotná technika motocyklů a jejich tvary či to samé u ostatních vozidel v provozu, technická řešení dopravních cest a v neposlední řadě i vybavení motocyklistů, které přece jen v posledním desetiletí doznalo značného pokroku.[10]

Trochu ze statistiky. Údaje zveřejněné na stránkách BESIP Ministerstva dopravy ČR [11]

Hlavní příčiny nehody	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj.%
Nepřiměřená rychlost	468	42,2	32	72,7
Nesprávné předjíždění	83	7,5	3	6,8
Nedání přednosti	81	7,3	3	6,8
Nesprávný způsob jízdy	477	43	6	13,6
Celkem	1109	100	44	100

Tab. 1- Dopravní nehody motocyklistů za období leden – červenec 2008- Česká republika- hlavní příčiny nehody

Pořadí	Nejtragičtější příčiny nehod řidičů motocyklů	Počet usmrcených osob
1.	nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	19
2.	nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	10
3.	nedání přednosti upravené dopravní značkou	3
4.	vjetí do protisměru	3
5.	nezvládnutí řízení vozidla	3
6.	překročení předepsané rychlosti stanovené pravidly	2
7.	kolize s protijedoucím vozidlem při předjíždění	2
8.	jiný druh nepřiměřené rychlosti	1
9.	předjíždění vlevo vozidla odbočujícího vlevo	1

Tab. 2- Dopravní nehody motocyklistů za období leden – červenec 2008- Česká republika- nejtragičtější příčiny nehod řidičů motocyklů

Pořadí	Nejčetnější příčiny nehod řidičů motocyklů	Počet nehod
1.	nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	247
2.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	131
3.	nezvládnutí řízení vozidla	130
4.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	117
5.	nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	106
6.	nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	51

Tab. 3- Dopravní nehody motocyklistů za období leden – červenec 2008- Česká republika- nejčetnější příčiny nehod řidičů motocyklů

Pozorným prostudováním tabulek zjistíme, že nemalou měrou nehodovosti motocyklistů přispívají sami řidiči svým jednáním, jako je nepřiměřená rychlost, nesprávné předjíždění apod. Jen těžko ovlivníme nehodovost z těchto příčin technickým prvkem na motocyklu. Omezíme-li maximální výkon nebo maximální rychlost, přestane se motocykl prodávat. Nebo spíše postrádá smysl trh s motocykly. Každý vyžaduje od motocyklu jinou službu. Někdo chce dopravní prostředek a vystačí si s motocyklem nízkého objemu a nízké konstrukční rychlosti, někdo chce objemný motocykl, někdo rychlý a troufnu si říci, že právě tito řidiči stojí za číslem uvedených statistik.

A jaká další příčina vyplývá z tabulek nehodovostí řidičů motocyklů? Nezvládnutí řízení vozidla. A právě tato příčina by se mohla dát potlačit právě vhodnými technickými prostředky na motocyklu. V této práci se zaměřím na návrh řídicího systému k potlačení jezdeckých chyb řidičů motocyklů. Budu hodně vycházet ze svých znalostí a zkušeností, kterých jsem za svůj život nastudoval z různých zdrojů a také si tyto ověřil jízdou na motocyklu, kdy po jedenáctileté zkušenosti s řízením motocyklů různých typů a objemu nad 600ccm mohu s klidným svědomím říct, že pouze jednou svoji jezdeckou chybou jsem putoval na nemocniční lůžko.

2 ANALÝZA JEZDECKÝCH CHYB NA NEBEZPEČNOU JÍZDU

Chceme-li analyzovat jednotlivé jezdecké chyby na nebezpečnou jízdu či pád při řízení motocyklu, musíme uvažovat teoretický příklad jízdy, kde se budou vyskytovat všechny možné situace. Uvedeme si tedy takový běžný příklad jízdy na motocyklu, ve kterém budeme uvažovat povětrnostní vlivy, různě technický stav vozovky a jiné různé situace, které se běžně při řízení motocyklu vyskytují. Za dostatečný teoretický příklad bych uvažoval úsek složený z dostatečně dlouhé roviny, levotočivé a pravotočivé zátočiny a po krátkém rovném úseku čáru k zastavení. Není ani tak důležitý stanovit přesný stav a povrch vozovky, neboť právě různé druhy povrchu jsou dostatečně dobrým teoretickým příkladem. Za motocykl budeme uvažovat typ motocyklu, který je nejvíce zastoupen mezi motocyklisty a tím je silniční sportovní. (Posouzeno dle nabízených motocyklů tohoto typu v nejčtenějších inzertních serverech) Uvažujeme, že motocykl je technicky v pořádku. Běžný motocykl má poháněno zádní kolo, manuální převodovku, přední teleskopické pružící a tlumící vidlice a zadní dvojramennou centrální pružící a tlumící systém. Běžný silniční sportovní motocykl je vybaven dvěma nezávislými brzdami:

- přední- ovládaná pravou rukou řidiče
- zadní- ovládaná pravou nohou řidiče

Všechny jezdecké chyby mohou vést k pádům a následným materiálním škodám nebo ujmě na zdraví a to ať už řidiče nebo jiné osoby či zvířete.

Nebudeme uvažovat extrémní situace jako spadnutí při vytlačování nenastartovaného motocyklu z garáže ani to, že se někomu podaří nastartovat motocykl se zařazeným rychlostním stupněm, neboť toto je u motocyklů technicky ošetřeno již řadu let.

Start.

Po usednutí řidiče za řidítka motocyklu může udělat první chybu při rozjezdu. Otočnou plynovou rukojetí přidáme více plynu a zároveň nesprávnou rychlostí uvolníme ovládací páčku spojky. Tím se při zařazené rychlosti na zadní kolo přenese příliš výkonu a krouticího momentu, přední kolo se zvedne ze země. A nyní závisí na mysli řidiče, jestli zanechá plynovou rukojeť ve stejné pozici, nebo ji uvolní či dále plynovou rukojeť otočí. Nastane buď překlopení motocyklu tzv. „na záda“ (pád jezdce z motocyklu na záda) nebo při dopadu předního kola k nestabilitě a rozkmitání řidítek a tedy opět může vést k pádu. Nehledě na to, že může řidič začít brzdit přední brzdou, kdy dopad předního zablokovaného kola na vozovku zcela jistě znamená pád motocyklu. Tuto chybnou situaci, jako souhrn jezdeckých chyb, nazveme pro další uvažování v této práci jako *jízda po zadním kole.* (Obr. 2-1)



Obr. 2-1 Jízda po zadním kole [12]

Bude-li vozovka mokrá nebo nečistá nebo řidič bude vhodně svým posedem působit na těžiště motocyklu, nebo pneumatika nebude dostatečně nepřilnavá k vozovce vlivem své teploty dojde k prokluzu zadního kola- *prokluz zadního kola.* Při tomto prokluzu zadního kola opět závisí na stavu řidičovy myslí a rovněž může buď „ubrat plyn“ čímž se prokluz zmenší, až odstraní – situace je zachráněna nebo zanechá plynovou rukojeť ve stejné pozici či otočí dále plynovou rukojeť. Vlivem i zanedbatelného vyklonění z kolmé pozice motocyklu se zadní část motocyklu začne posouvat do strany a při dalším nezměněném stavu plynové rukojeti dojde k pádu motocyklu na stranu, neboť jezdec nebude schopen (nebude-li to závodník „supermoto“ či ploché dráhy) vyrovnat shodně těžiště.

Pokračujeme v jízdě.

Po rozjezdu motocyklu na rovném úseku ulice se může stát nepředvídatelná situace, kdy bude muset řidič motocyklu náhle a rychle zastavit a to z velké rychlosti. Například vstoupí chodec do vozovky, jiné vozidlo nedá přednost, hrající dítě kopne do vozovky míč apod. Řidič tedy musí v rychlosti bez dlouhého uvažování začít brzdit motocykl.



Obr.2-2 Jízda po předním kole [13]

Opravdu zkušený řidič by situaci vyřešil s klidnou hlavou a rozdělil by díky svým schopnostem brzdný účinek tak vhodně, že nedojde ke smyku ani zadního ani předního kola. Dokonalý brzdný účinek. Ovšem zmínil jsem tedy opravdu zkušeného řidiče. Ty ostatní by zřejmě dostali vlivem přílišného brždění smyk zadního kola- nazveme jej *smyk zadního kola při brzdění* nebo smyk předního kola- *smyk předního kola při brzdění* nebo by brzdili intenzivně přední brzdou tak, že by se zadní kolo zvedlo od vozovky a mohlo by po krátké jízdě po předním kole dojít k pádu přes řidítka motocyklu- nazveme *jízda po předním kole.* (Obr. 2-2)

První zátočina na cestě řidiče motocyklu může přinést další problémy s řízením motocyklu spojených. Například nečistoty na vozovce a nepřiměřená rychlost.

U motocyklu jako jediné co nás „drží“ na vozovce jsou pneumatiky. Pneumatiky musí být vhodně zahřáté, vozovka dokonale čistá, pak jedině můžeme projet zátočinu v maximální možné rychlosti bez pádu, v opačném případě může dojít ke smyku zadního kola – nazveme jej *smyk zadního kola v zátočině* (Obr. 2-3) a případně ke smyku předního kola – *smyk předního kola v zátočině.* Pokud se nám podaří pneumatiku zahřát a vozovka je dokonale čistá, můžeme udělat další jezdeckou chybu a tou je přibrždění ať už pření nebo zadní brzdou a to tak, že brzdíme před zatáčkou a ponecháme brždění do zátočiny, anebo strachem z příliš velké rychlosti v zatáčce přibrzdíme. Pneumatika právě v zátočině nás spojuje s vozovkou plochou cca $2cm^2$ a přenáší na vozovku jak výkon motoru, tak brzdnou sílu. Je namáhána

vlivem odstředivé síly váhou a rychlostí motocyklu a při brždění další silou danou brzdným účinkem brzd motocyklu, kdy součtem těchto sil je síla větší než přilnavost a dojede ke smyku předního nebo zadního kola. Smyk zadního kola by zkušený řidič mohl uřídit, ale smyk předního kola dokáže uřídit pouze velmi zkušený řidič motocyklu a to pouze motocyklový závodník. Jedním takovým byl Mike Doohan, který byl proslaven driftováním (kontrolovaný boční smyk v zátočině) předním i zadním kolem v zátočině. Může nastat okamžik, kdy řidič během zatáčení otočí plynovou rukojetí tak rychle, že výkonný motocykl, a to v současné době silniční sportovní motocykly jsou všechny, přenese svůj výkon přes dobře zahřátou zadní pneu a dojde k zvednutí předního kola nad vozovku a tudíž nekontrolované jízdě po zadním kole. Následky shodně s již uvedenou jízdou po zadním kole.

Druhá následující zátočina skýtá stejný problém jako první. Může dojít ke stejným chybám s obohacením o chybu, že jezdec nebude mít dostatečnou rychlost a nakloní motocykl v zátočině víc, tedy odstředivá síla bude menší než síla gravitační a dojede k pádu na stranu bez předchozího smyku zadního nebo předního kola – *pád motocyklu v zátočině.* Rovněž může dojít k situaci, že v zátočině otočí plynovou rukojetí a dojede k prokluzu zadního kola spojeného se smykem zadního kola- *prokluz zadního kola v zátočině.*

Následné brzdění v cíly skýtá již zmíněné chyby, které nastaly při brždění v nepředvídatelné situaci.

Situace jako vběhnutí například zvířete do cesty řidiče v zátočině závisí na mysli řidiče a není možné ho tedy ovlivnit technickými zařízeními. Navíc jen těžko dokážeme posoudit, jestli by bylo vhodnější zvíře srazit, nebo spadnout s motocyklem před zvířetem.



Obr. 2-3 Smyk zadního kola v zátočině [14]

3 ANALÝZA VLIVU VÝKONU MOTORU A BRZDNÉHO ÚČINKU

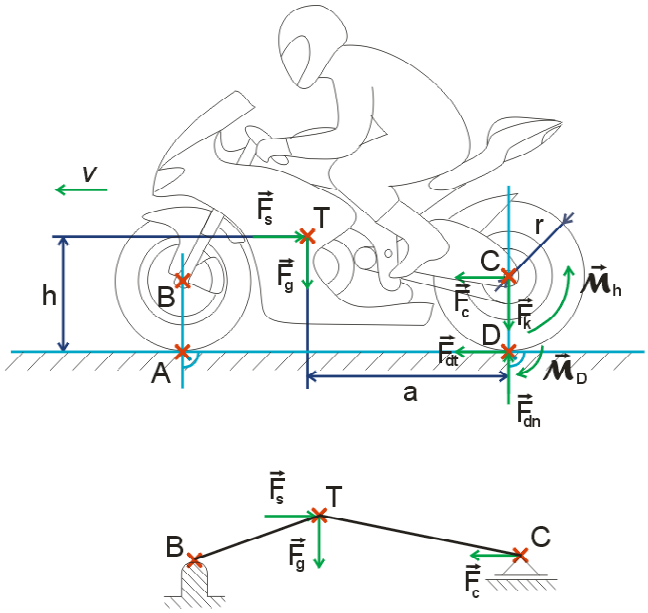
Rekapitulace zmíněných situací:

- jízda po zadním kole
- prokluz zadního kola
- smyk zadního kola při brzdění
- smyk předního kola při brzdění
- jízda po předním kole
- smyk zadního kola v zátočině
- smyk předního kola v zátočině
- pád motocyklu v zátočině
- prokluz zadního kola v zátočině

3.1 JÍZDA PO ZADNÍM KOLE

Jak už bylo již uvedeno, jízda po zadním kole vzniká nesprávným vyvážením otočení plynové rukojeti a uvolnění ovládací spojkové páčky. Jak je to z fyzikálního hlediska.

Vysvětlení si provedeme dle obr. 3-1



Obr. 3-1 Grafické znázornění působících sil

Na počátku je nulová rychlost. Moment M_h nám udává hnací moment od motoru přes sekundární převod (většinou řetěz) na zadní kolo, kdy přes rameno r se nám moment přenáší na okraj pneumatiky zadního kola. Nyní je nutná podmínka, aby síla F_{Dt} (tečná síla v bodě D) byla větší, než síla od momentu M_h čímž máme zaručeno, že nedojde ke smykání zadního kola po povrchu. Zároveň síly F_k (gravitační síla působící na osu zadního kola) a F_{Dn} (normálová síla v bodě D) jsou v rovnováze. Zadní kolo se nám začne odvalovat po povrchu. Uvedené silové působení nám způsobí sílu v ose zadního kola F_c , která působí ve směru jízdy a je tím jedinou hnací silou působící na motocykl. Motocykl si nyní můžeme představit jako bodové těleso T, kdy T nám vyjadřuje těžiště motocyklu. Na toto těžiště působí síla gravitační F_g a síla setrvačná F_s . Směry působení sil jsou patrné z obrázku. Dále na bod T působí přes spojnici CT síla F_c pod úhlem, který je dán obecně rozdílem výšky těžiště h a výšky středu osy zadního kola, tedy poloměru zadního kola r a vzdáleností obou uvedených bodů. Je-li síla

F_c dostatečně velká, překoná svojí složkou sílu gravitační F_g v bodě T a dojde k posunu bodu T ve směru horizontální osy. Vzhledem k tomu, že bod T je pevně spojen s bodem B, který představuje osu předního kola, posune se i osa předního kola v kladném horizontálním směru a tedy ke ztrátě kontaktu předního kola s vozovkou a tak k jízdě po zadním kole.

Některé síly jsem pro jednoduchost vysvětlení zanedbal. Z vysvětlení plyne následující závěr. Je-li těžiště T ve výšce nad osou zadního kola, dochází vlivem působení velké síly v ose zadního kola, která je v přímé souvislosti s výkonem motoru, právě k *jízdě po zadním kole.*

S polohou těžiště tedy souvisí maximální možný předávaný výkon motoru na zadní kolo. Řidič se může přikrčit nebo posunout co nejvíce vpřed, čímž se změní poloha těžiště a můžeme nyní na zadní kolo přenášet výkon větší. Přesné výpočty a vzorce pro tuto práci nemají smysl, neboť všechny působící síly nejsou konstantní a mění v závislosti na různých parametrech.

Tímto krátkým zjednodušeným vysvětlením jsem chtěl pouze poukázat právě, jak závisí výkon motoru na jezdecké chybě při rozjezdu. Stejně tak se může stát i při jízdě. Například rychlým otočením plynové rukojeti. Podmínkou je ovšem výkonný motocykl nebo posunutím jezdce více vzad nebo jízda se spolujezdcem nebo trhnutím řidiče za řidítka směrem vzhůru.

K odstranění této jezdecké chyby lze teoreticky použít následující řešení:

- vhodně změnou těžiště motocyklu
- vhodně omezením výkonu motoru
- vhodně působením brzdného účinku zadního kola proti výkonu motoru
- změnou konstrukce motocyklu

Měnit zaběhlou konstrukci motocyklu není jednoduchou záležitostí, tuto možnost tedy vyloučíme. Měnit těžiště motocyklu není až takový problém, ovšem nejvíce dokáže změnit těžiště motocyklu právě řidič. Jen málo by se dalo dosáhnout hydraulickým snižováním přední části motocyklu v předních tlumičích. Byl by zde ovšem malý rozsah a při zvětšení rozsahu by došlo právě ke změně konstrukce a námi zmiňovaný typ motocyklu silniční sportovní by se do této kategorie nedal zařadit. Ani nebudu zmiňovat přesouváním hmot v motocyklu – opět výrazná konstrukční změna. Možnost vhodné omezování výkonu motoru je možnost, která se v této práci bude rozvíjet.

3.2 PROKLUZ ZADNÍHO KOLA

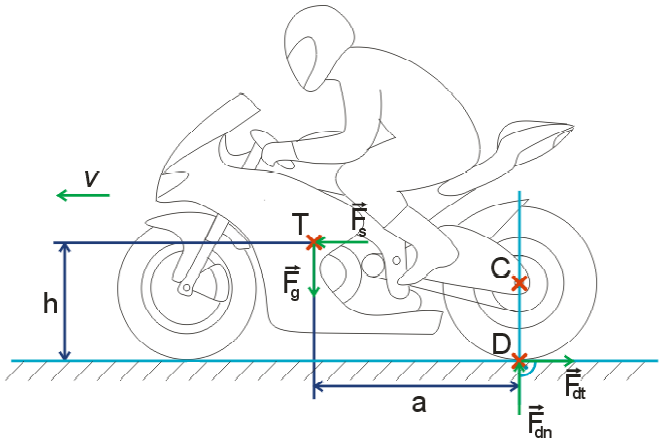
Prokluz zadního kola je způsoben při rozjezdu také stejně jako v předchozím případě nesprávným vyvážením otočení plynové rukojeti a uvolnění ovládací spojkové páčky. Rozdílem je pouze to, že síla daná hnacím momentem M_h od motoru předávaného přes rameno r na okraj zadního kola je větší než třecí síla F_{Dt} v stykovém bodě D, čímž dojde ke smykání zadního kola po povrchu vozovky. Situaci ještě zhorší přibrždění přední brzdou. Kdy k setrvačné síle F_s působící proti pohybu motocyklu se přičte síla brzdného účinku od přední brzdy.

Opět je to způsobeno výkonem motoru, který nám nyní představuje moment $M_{h.}$ Stanovovat maximální možný výkon předávaný na zadní kole k odstranění této chyby je nevhodné řešení, neboť zde zase záleží na jiných okolních faktorech jako je přilnavost pneumatiky v závislosti na povrchu vozovky, teplotě pneumatiky, zatížení zadního kola,… Nemusím ani zmiňovat, že k prokluzu zadního kola může dojít i za jízdy vlivem právě přilnavosti pneumatiky zadního kola na vozovku. (led, olej a nečistoty na povrchu vozovky).

Jak tuto chybu odstranit? Možnosti jsou stejné nebo hodně podobné možnostem uvedeným v kapitole 3.1. Opět nejvhodnější budou právě vhodným omezováním výkonu motoru nebo působením brzdného účinku zadního kola či povolení brzdného účinku kola předního.

3.3 SMYK ZADNÍHO KOLA PŘI BRZDĚNÍ

Vysvětlení si provedeme na obrázku 3-2



Obr. 3-2 Síly působící na motocykl při brždění zadní brzdou

Smyk zadního kola při brzdění je vyvolán nepoměrem intenzity brzdění a třecí síle vozovky. Při jízdě v určité nenulové rychlosti $v \neq 0$ na motocykl působí v místě těžiště T síla setrvačná F_s, která je tím větší, čím větší je rychlost a váha motocyklu (vyjádřena silou F_g) s řidičem. Při jízdě se váha nemění, čímž tedy síla setrvační je dána pouze rychlostí motocyklu. V okamžiku brzdění, nám tato síla právě působí proti smyslu brzdění. Brzdíme-li zadní brzdou, zadní kolo tedy zmenšuje svoji obvodovou rychlost a přenáší brzdný účinek na vozovku přes styčnou plochu pneumatiky v místě styku (bod D). Závisí nám na přilnavosti vozovky s pneumatikou. Brzdný účinek je zprostředkován silou třecí mezi pneumatikou a vozovkou F_{dt}. F_{dn} vyjadřuje normálovou sílu působící proti hmotnosti kola v místě styku s vozovkou, a vyjadřuje vzdálenost T od bodu D, hodnota h výšku T nad vozovkou.

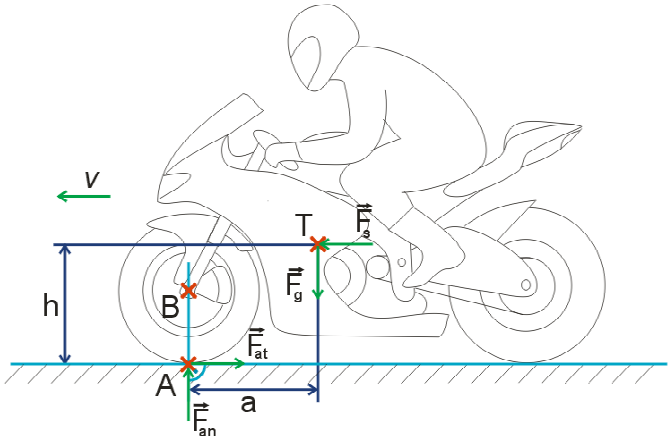
Z obrázku a vysvětlení je patrné, že jedinou veličinu, kterou dokážeme za jízdy měnit je rychlost a tu právě měníme jednak snížením výkonu motoru, tak brzděním. Snížíme-li náhle rychlost motoru, dojde k zablokování zadního kola a následnému smyku při brzdění a stejně tak začneme-li intenzivně brzdit zadní brzdou víc než je přilnavost pneumatiky, opět dojde k zablokování zadního kola a tím smyku.

Jak tuto jezdeckou chybu odstraníme? Ovlivníme průběh brzdného účinku zadní brzdy a průběh výkonu motoru.

Ovšem k zachování brzdného výsledku, kterého je nutno dosáhnout je nutné zvýšit brzdný účinek přední brzdy.

3.4 SMYK PŘEDNÍHO KOLA PŘI BRZDĚNÍ

Smyk předního kola při brzdění je vyvolán stejnými vlivy jako smyk zadního kola při brzdění. Rozdílem je brzdění přední brzdou a tedy dle *Obr. 3-3* je brzdný účinek zprostředkován silou třecí mezi pneumatikou předního kola a vozovkou F_{at}.



Obr. 3-3 Síly působící na motocykl při brždění přední brzdou

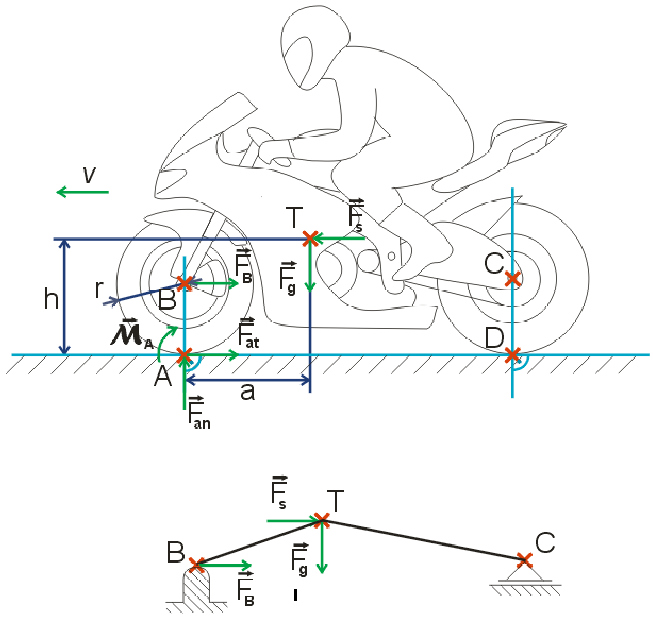
A je bod styku předního kola s vozovkou, *B* střed (osa) předního kola *T* těžiště motocyklu, síla F_g vyjadřuje sílu gravitační soustavy motocyklu+řidič, síla F_{an} vyjadřuje normálovou sílu v *A*, *h* a *a* jsou souřadnice *T*.

Z obrázku a vysvětlení je patrné, že jedinou veličinu, kterou dokážeme za jízdy měnit je rychlost a tu právě měníme jednak snížením výkonu motoru, tak brzděním. Začneme-li intenzivně brzdit přední brzdou víc než je přilnavost pneumatiky, dojde k zablokování předního kola a tím smyku.

Při této chybě můžeme pouze a jenom ovlivnit průběh brzdného účinku přední brzdy. Výkon motoru můžeme ovlivnit už při započetí brzdění jak přední tak i zadní brzdou. K zachování požadovaného brzdného účinku je nutné více brzdit brzdou zadní.

3.5 JÍZDA PO PŘEDNÍM KOLE

K vysvětlení použijeme *obr. 3-4*



Obr. 3-4 Grafické znázornění působících sil při jízdě po předním kole

Na počátku je nenulová rychlost $v \neq 0$. Jak jsme si uvedli v kapitole 2, k jízdě po předním kole dojde vlivem intenzity brždění přední brzdou a přilnavosti přední pneu. Tedy je nutná podmínka, aby síla F_{at} byla větší než složka setrvačné síly F_s čímž máme zaručeno, že nedojde ke smykání předního kola po povrchu. Přední kolo se nám neustále odvaluje po povrchu, ale proti směru rychlosti v a tedy setrvačné síle F_s působí síla v ose předního kola F_B. Motocykl si nyní můžeme představit jako bodové těleso T, kdy T nám vyjadřuje těžiště motocyklu. Na toto těžiště působí síla gravitační F_g a síla setrvačná F_s . Směry působení sil jsou patrné z obrázku.

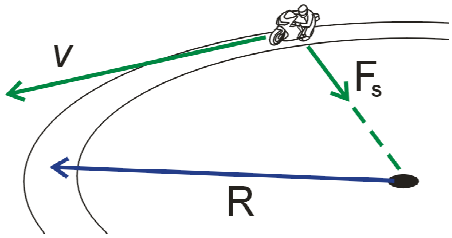
Na bod T působí přes spojnici BT síla F_B pod úhlem, který je dán obecně rozdílem výšky těžiště h a výšky středu osy předního kola, tedy poloměru předního kola r a vzdáleností obou uvedených bodů a. Je-li síla F_B dostatečně velká, překoná svojí složkou sílu gravitační F_g v bodě T a dojde k posunu bodu T ve směru horizontálním a vzhledem k tomu, že bod T je pevně spojen s bodem C, který představuje osu zadního kola, posune se i osa zadního kola v kladném horizontálním směru a tedy ke ztrátě kontaktu zadního kola s vozovkou a tak k jízdě po předním kole.

Z vysvětlení plyne následující závěr. Je-li těžiště T ve výšce nad osou předního kola, dochází vlivem působení velké síly v ose předního kola, která je v přímé souvislosti s brzdným účinkem, právě k jízdě po předním kole.

S polohou těžiště tedy souvisí maximální možný brzdný účinek přední brzdy. K odstranění této jezdecké chyby lze teoreticky použít následující řešení:

- vhodně změnou těžiště motocyklu
- vhodně působením brzdného účinku předního kola.
- změnou konstrukce motocyklu

Jak je uvedeno v kapitole *2.1* Měnit zaběhlou konstrukci motocyklu není jednoduchou záležitostí, tuto možnost tedy vyloučíme. Měnit těžiště motocyklu hydraulickým snižováním či zvyšováním přední nebo zadní části motocyklu v tlumičích by přineslo pouze malý efekt a znamenal by změnu konstrukce. Ani nebudu zmiňovat přesouváním hmot v motocyklu – opět výrazná konstrukční změna. Zbývá nám tedy možnost vhodné regulace brzdného účinku přední brzdy.



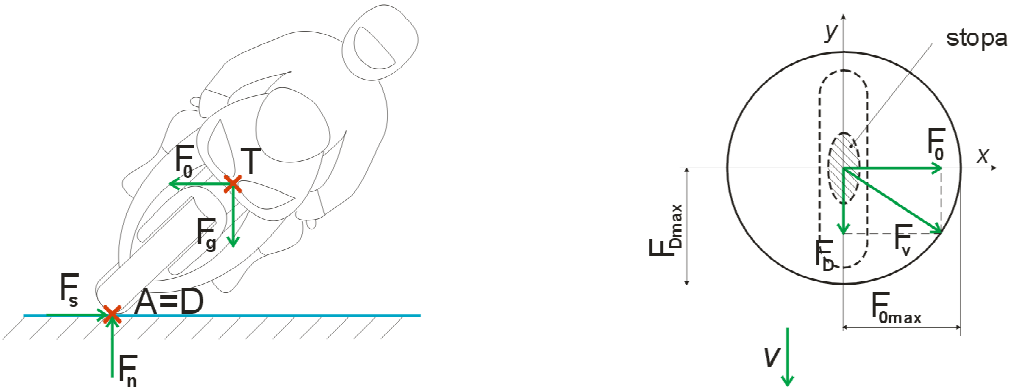
Obr. 3-5 Motocykl se pohybuje rovnoměrně po ploché kruhové silnici.
R … poloměr kružnice (zátočiny); F_s … třecí síla; v …rychlost motocyklu

3.6 SMYK ZADNÍHO KOLA V ZÁTOČINĚ

Smyk zadního kola v zátočině je dán jak, jsem již uvedl v kapitole 2, přilnavosti pneumatik. V tomto případě právě zadní. Motocykl tedy jede v zátočině. To si můžeme představit jako pohyb po kružnici. Na motocykl působí síla odstředivá a proto je nutné s přibývající rychlostí naklonit motocykl do zatáčky. Dostředivou silou, díky níž se motocykl pohybuje po kružnici, je radiální třecí síla F_s, jíž působí povrch silnice na pneumatiky

motocyklu. (I když se motocykl pohybuje, nepodkluzuje v radiálním směru. Uplatní se proto radiální třecí síla F_s, nikoli dynamická F_d.)

Na *obr. 3-6* jsou zakresleny síly působící na motocykl.



a) *b)*

Obr. 3-6

a) Silový diagram působení sil na jedoucí motocykl v zátočině

b) Silový diagram působení sil na styčnou plochu pneumatiky s vozovkou při současném brzdění. (Kammova kružnice)

A … stykový bod předního kola s vozovkou; D … stykový bod zadního kola s vozovkou; F_o …odstředivá síla; F_g …gravitační síla; F_n …gravitační síla; F_s …třecí síla; F_d …síla od zadního kola v místě styku s vozovkou; F_v …výsledná síla zadního kola; v … rychlost motocyklu

Ve svislém směru je díky druhému Newtonovu zákonu očekávaný výsledek $F_n = F_g = mg$, kde m je hmotnost motocyklu s řidičem a g je gravitační konstanta. Aby motocykl nespadl do zátočiny nebo nevyjel ze zátočiny, musí být v rovnováze také síla odstředivá F_o a třecí síla F_s a platí:

$$F_s = F_o = \frac{mv^2}{R}, \tag{3-1}$$

kde v je rychlost motocyklu a R je poloměr kružnice tedy v praxi zátočiny. Aby nedošlo ke smyku, může dosáhnout velikost statické třecí síly F_s nejvyšší možné hodnoty f_sN, kde f_s představuje koeficient statického tření a N normálovou sílu působící proti hmotnosti motocyklu v místě styku s vozovkou. Budeme tedy řešit právě kritickou situaci, a tak ve vztahu (3-1) položíme $F_s = f_sN$. Dále dosadíme $N=mg$ a dostáváme

$$f_s mg = \frac{mv^2}{R} \tag{3-2}$$

t.j.

$$f_s = \frac{v^2}{gR} \tag{3-3}$$

Ze vzorce (3-*3*) vidíme, že jediné co můžeme v zátočině ovlivnit je rychlost motocyklu. Tedy platí dodržení určitého poměru náklonu a rychlosti. Velikost statické třecí síly je pevně dáno a překročení koeficientu nám způsobí právě smyk zadního kola v zátočině.

Na pneumatiku tedy zatím působila jen odstředivá síla F_o vyrovnávaná silou třecí F_s v radiálním směru. V okamžiku, kdy začneme brzdit zadní brzdou, bude nám na pneumatiku

působit nejen odstředivá síla F_o, ale také brzdná síla F_d jak je vidět na obrázku *obr. 3-6b)* (průměr Kammovi kružnice je dán přilnavosti kola k vozovce) Výslednice součtu obou sil F_v je větší než původní odstředivá síla F_o z čehož plyne, je-li $F_v > F_s$ a jsou zachovány ostatní parametry rovnice (3-2) dojde ke smyku zadního kola.

Z tohoto odvození jasně plyne, že právě brzdný účinek má negativní vliv na bezpečný průjezd zátočinou bez smyku zadního kola.

A právě situace, kdy dojde ke smyku zadního kola v zátočině lze jednoduše uřídit podržením plynové rukojeti případně velmi pozvolným pootáčením zpět.

Chybu odstraníme vhodnou regulací brzdného účinku zadní brzdy a vhodnou regulací výkonu motoru.

3.7 SMYK PŘEDNÍHO KOLA V ZÁTOČINĚ

Ke smyku předního kola v zátočině dochází ze stejných příčin jako ke smyku zadního kola v zátočině. Je zde ovšem pár rozdílů týkajících se velikosti styčné plochy přední pneumatiky s vozovkou (přední pneu je vždy užší s větším poloměrem v radiálním směru než zadní pneu a navíc při brždění přední brzdou je vlivem setrvačných hmot daleko více namáhané přední kolo. Tedy ke smyku dochází dříve. Stejná příčina na vznik této jezdecké chyby a tou je brždění v zátočině.

Chybu odstraníme vhodnou regulací brzdného účinku přední brzdy.

3.8 PÁD MOTOCYKLU V ZÁTOČINĚ

Pád motocyklu v zátočině si můžeme vysvětlit opět na obrázku *obr. 3-6 a)* a pomoci vztahů *2-1* až *2-3*. Při nakloněném motocyklu nám na těžiště působí odstředivá síla F_o, která se snaží motocykl napřímit, a síla gravitační F_g, která působí na těžiště motocyklu s úmyslem „dostat těžiště motocyklu k zemi“. Součtem těchto dvou sil je výslednice působící proti výslednici součtu sil třecí F_s a normálové F_n. Odstředivá síla F_o je dle vztahu *2-1* rovna třecí F_s, jejíž velikost je dle vztahu *2-3* dána parametry *R*, *g* a kvadrátem *v*. Parametr *R* a *g* jsou v danou chvíli neměnné. Odstředivá síla závisí na druhé mocnině rychlosti pohybu motocyklu, kdy při malé rychlosti z rovnovážného stavu sil v určitém náklonu začne převažovat síla gravitační F_g (motocykl jde k zemi do zatáčky) a naopak při velké rychlosti v určitém náklonu začíná převažovat síla odstředivá F_oa motocykl se napřimuje a tím vyjíždí ze zatáčky.

Tedy ze shrnutí vyplývá, že na tento pád má veliký vliv jak brzdná síla ke snížení rychlosti motocyklu, tak výkon motoru ke zvýšení rychlosti motocyklu.

3.9 PROKLUZ ZADNÍHO KOLA V ZÁTOČINĚ

Pro prokluz zadního kola v zátočině platí stejné vysvětlení jako v kapitole 3.6 pro jízdu v zátočině při působení pouze síly v radiálním směru.

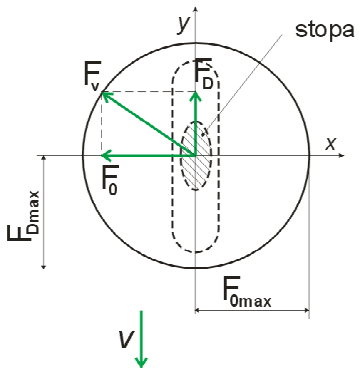
Pootočíme-li plynovou rukojetí motocyklu za účelem zvýšení výkonu motocyklu, začne na zadní pneu působit další síla F_d , jak je vidět na obrázku *obr. 3-7*. Výslednice součtu obou sil F_v je větší než původní odstředivá síla F_o z čehož plyne, je-li $F_v > F_s$ a jsou zachovány ostatní parametry rovnice (2-2) dojde k prokluzu zadního kola.

Z tohoto odvození jasně plyne, že právě výkon motoru v danou chvíli má negativní vliv na bezpečný průjezd zátočinou bez prokluzu zadního kola.

A právě situace, kdy nastane prokluz zadního kola v zátočině lze jednoduše uřídit podržením plynové rukojeti případně velmi pozvolným pootáčením zpět. Troufnu si říct, že většina řidičů motocyklu v okamžiku kdy nastane prokluz zadního kola úlekem zavře plyn,

kdy dojde velkou rychlostí ke snížení výkonu předávaného na zadní kolo. Vlivem prokluzu a zpožděné reakce řidiče se zadní kolo posouvá současně i radiálním směru po vozovce, čímž motocykl začne zadním kolem opisovat kružnici kolem styku předního kola s vozovkou za současného pohybu v přímém směru, kdy zadní část motocyklu nabývá svoji vlastní rychlost a v okamžiku snížení výkonu motoru přestane působit síla F_c a na zadní pneu bude nyní působit pouze odstředivá síla, která se dostane do rovnováhy s třecí silou a dojde k odstranění prokluzu. Ovšem díky odstředivé síle působící na zadní část dojde jejím působením ke stlačení zadního pérování do určitého bodu stlačení pružiny a zpětná reakce pružiny nám způsobí její návrat do původní polohy a vlivem setrvačné síly nyní ve směru působení pružiny dojde k odtržení zadního pneu od vozovky a zvednutí zadní částí. Síla působící ve směru oddálení pružiny je zabrzděna právě hmotnostní silou zadního kola, ovšem řidič je není pevně spojen se zadní částí motocyklu a tedy pokračuje dál ve směru působení zpětné síly pružiny, kdy ztrácí kontakt s motocyklem- expresní název *high side.*

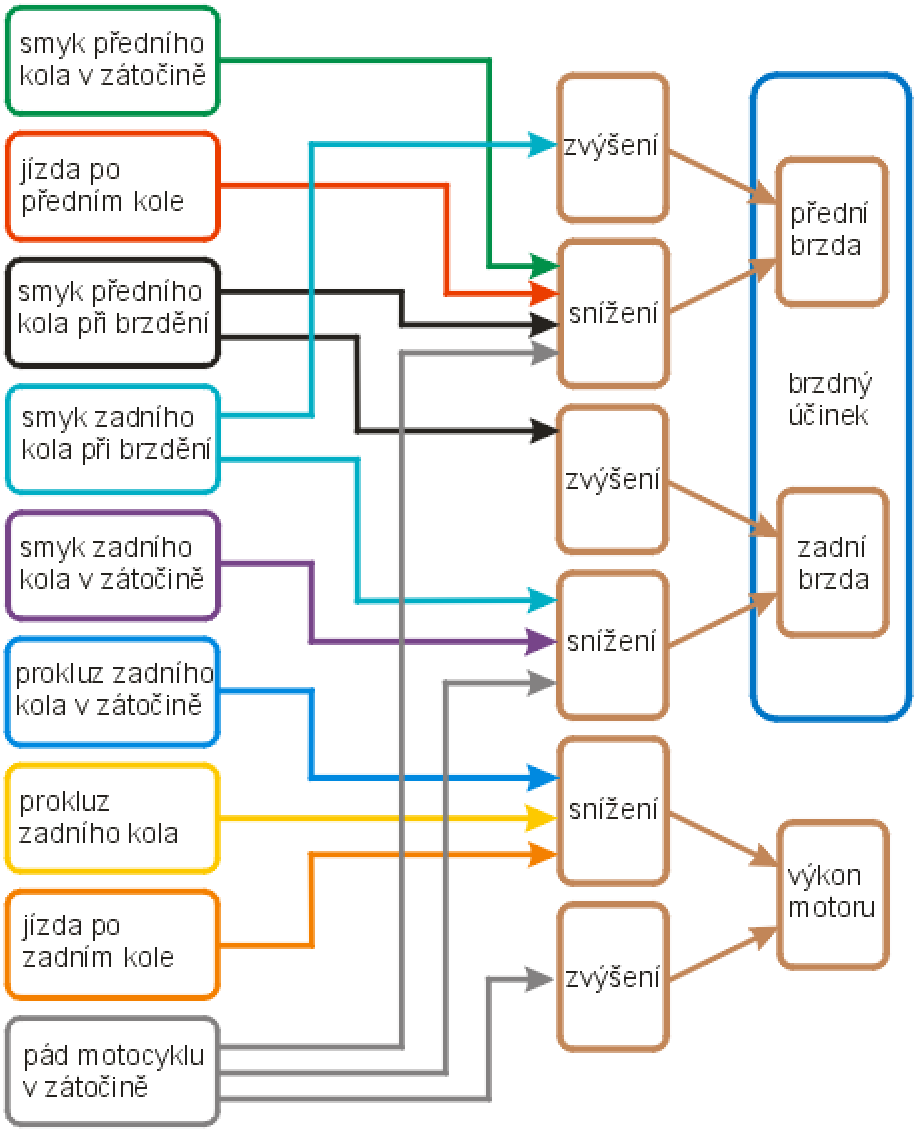
Z tohoto vysvětlení je patrné jakým způsobem při prokluzu zadního kola má vliv výkon motoru na případný *high side.*



Obr. 3-7 Silový diagram působení sil na styčnou plochu pneumatiky s vozovkou při současném přidání plynu.

3.10 SHRNUTÍ

Na *Obr. 3-8* je graficky znázorněno závislost vznikajících situací při jezdeckých chybách na parametrech, které jsou nutné regulovat, aby byly tyto nebezpečné situace potlačeny.



Obr. 3-8 Závislost právě nastávajících nebezpečných situací vlivem jezdeckých chyb na parametrech, které musíme regulovat k potlačení těchto situací

4 NÁVRH SENZORIKY PRO ODHALENÍ JEZDECKÝCH CHYB

4.1 OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

Při návrhu senzoriky pro odhalení jezdeckých chyb budeme uvažovat některé omezující podmínky, které bude potřeba dodržet v maximální možné míře. Mezi tyto podmínky patří:

- minimální počet senzorů
- minimální rozměry senzorů
- přesnost a citlivost
- minimální příkon jednotlivých senzorů
- možnost využít senzor v dalším regulačním obvodu
- venkovní použití
- nezávislost senzoru na stavu vozovky, teplotě ovzduší a povětrnostním podmínkám

4.2 SNÍMANÉ VELIČINY

Z *kap. 2* plynou veličiny, které jsou potřeba snímat. V tabulce *tab. 4-1* uvedeme jejich přehled.

	Snímané veličiny							
Nebezpečná situace	Poloha (otočení) předního kola	Poloha (otočení) zadního kola	Rychlost motocyklu	Náklon motocyklu do strany	Náklon motocyklu předo-zadní	Stranové posunutí předního kola	Stranové posunutí zadního kola	Posunutí motocyklu horizontální
Jízda po zadním kole		×	×					#
Prokluz zadního kola	×	×	#					
Smyk zadního kola při brždění	×	×	#					
Smyk předního kola při brždění	×	×	#					#
Jízda po předním kole					×			
Smyk zadního kola v zátočině			#	#			×	#
Prokluz zadního kola v zátočině	×	×	#					
Smyk předního kola v zátočině			#	#		×		#
Pád motocyklu v zátočině						#		×

Tab. 4-1 Přehled snímaných veličin pro uváděné situace

Vysvětlivky:

× – hlavní snímaná veličina pro uvedenou situaci

– porovnávací snímaná veličina pro uvedenou situaci

4.3 PODMÍNKY SNÍMÁNÍ VELIČIN

4.3.1 Obecné podmínky

Obecné podmínky jsou podmínky omezující, viz *kap. 3.1*

4.3.2 Podmínky jednotlivých snímaných veličin

Poloha (otočení) předního kola
- musí být snímána vůči přední teleskopické vidlici již je kolo neseno

Poloha (otočení) zadního kola
- musí být snímána vůči zadní kyvné vidlici již je kolo neseno

Rychlost motocyklu
- nesmí být snímána otočením zadního či předního kola
- nesmí být snímána v převodovce motoru
- je třeba snímat absolutní rychlost

Náklon motocyklu do strany
- musí být snímán vzhledem ke skutečnému náklonu povrchu vozovky, aby nedošlo ke zkreslení snímaného náklonu vlivem například náklonu zátočiny

Náklon motocyklu předo-zadní
- musí být snímán vzhledem ke skutečnému náklonu povrchu vozovky, aby nedošlo ke zkreslení snímaného náklonu vlivem jízdy do kopce či z kopce
- bez závislosti na setrvačné síle akcelerace (kladné i záporné zrychlení)
- bez přímé vazby na snímanou veličinu polohy (otočení) předního nebo zadního kola

Stranové posunutí předního kola
- vztaženo vzhledem k původní směrnici jízdy
- bez přímé vazby na polohu řidítek
- bez přímé vazby na náklon motocyklu do strany
- bez vlivu na povrch vozovky

Stranové posunutí zadního kola
- vztaženo vzhledem k původní směrnici jízdy
- bez přímé vazby na polohu řidítek
- bez přímé vazby na náklon motocyklu do strany
- bez vlivu na povrch vozovky

4.4 SNÍMAČE

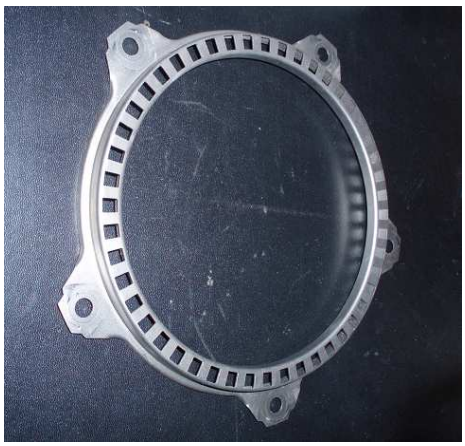
Na základě podmínek uvedených v kapitole 4.3 je třeba vybrat vhodné snímače pro snímání požadovaných veličin.

4.4.1 Indukční snímač otáček

Ke snímání polohy (otočení) předního kola použijeme již známý a osvědčený způsob bezkontaktního snímání ze zařízení ABS (Anti-lock Braking Systém) tedy indukční snímač otáček. Stejný snímač použijeme pro snímání polohy (otočení) zadního kola.

Princip:
Snímač se skládá ze dvou hlavních částí:

- mechanická část
- elektrická část





Obr.4-1 Rotační část snímače otáček kol *Obr.4-2 Snímač otáček kol – elektrická část.* [15]

Mechanická část je část rotační připevněná na otáčejícím se kole. Jedná se o kovový disk s výřezy (*obr. 4-1).* Členitost výřezů udává citlivost snímače. Váha kolem 120g, což je jediná další rotační hmota. Na *obr. 4-1* je foto rotační části snímače otáček z motocyklu BMW F800ST. Elektrická část (*obr. 4-2)* je částí pevnou a je tvořena magnetem. Kolem magnetu jsou navinuty závity cívky. V malé vzdálenosti cívky se otáčí rotační kotouč připevněný na kole. Mezery mezi výřezy znamenají slabší magnetické pole a je-li u cívky právě kovová část otáčejícího se kotouče, je magnetické pole silnější. V cívce se každá taková změna přemění na elektrický impuls, čímž vznikne střídavé napětí s frekvencí odpovídající otáčení kola. Má-li rotační kotouč 100 výřezů, tak při jednom otočení kola snímač vyšle 200 informací. Při rychlosti 200 km/h pak snímač vydá cca 5600 impulsů.

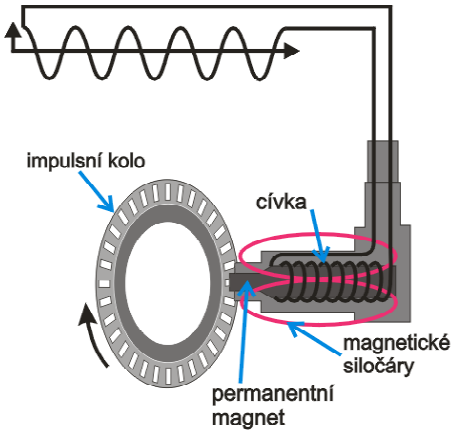
Jiné možné způsoby snímání otáček předního a zadního kola

Bezdotykové měření otáček:

- optický rotační enkodér- nevhodný pro svůj optický článek, který bude v blízkosti brzdového systému zanášen brzdovým prachem a nečistotami, nevhodné z konstrukčního hlediska (je velmi pracné umístit přijímač signálu za rotační kotouč)
- reflexní optický rotační enkodér- nevhodný pro svůj optický článek

Kontaktní měření otáček:

- otáčky kola jsou přímo přenášeny přímým kontaktem nebo pomocí ohebného vedení nebo tachogenerátoru- složité, velké nároky na kvalitu bowdenu a opotřebení, složitost montáže- pro nás nepoužitelné.



Obr. 4-3 Princip snímače otáček předního i zadního kola

4.4.2 Akcelerometr

Akcelerometr je přístroj, který měří zrychlení při pohybu struktur (konstrukcí, části strojů apod.).

Existují dva základní principy:
- s piezoelektrickým prvkem
- s kapacitním prvkem

Akcelerometr s piezoelektrickým prvkem [1]

Síla způsobující vibrace nebo změnu pohybu (akceleraci) působí na hmotu snímače, která pak stlačuje piezoelektrický prvek generující elektrický náboj úměrný stlačení. Protože je elektrický náboj úměrný síle a hmota snímače je konstantní, je tedy elektrický náboj také úměrný zrychlení - akceleraci.

Jsou dva typy piezoelektrických akcelerometrů (snímačů vibrací). První typ má výstup s vysokou impedancí a jeho výstup může být připojován k měřicím přístrojům. Výstup s elektrickým nábojem však vyžaduje speciální přizpůsobení a přístroje většinou charakteristické pro vývojové pracoviště. Tento typ snímače se také používá při aplikacích s teplotou vyšší než 120° C, kde nízko-impedanční modely nelze použít.

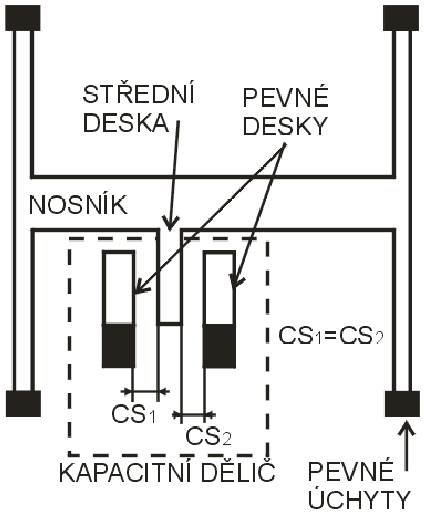
Druhý typ akcelerometru má výstup s nízkou impedancí. Obvykle je piezoelektrický prvek zabudován do mikroelektronického obvodu a FET tranzistor pak konvertuje tento náboj na napěťový výstup s nízkou impedancí a ten lze snadno připojovat na standardní měřicí přístroje. Obvykle se tento typ používá v průmyslových provozech. Napájecí zdroj pro akcelerometry jako je ACC-PS1 poskytuje napájení 18 až 24V mikroelektronického obvodu konstantním proudem 2mA a odstraňuje tak kolísání středu u výstupního signálu +/- 5Vss, jenž je úměrný signálu mV/g akcelerometru.

Akcelerometr s kapacitním prvkem [1]

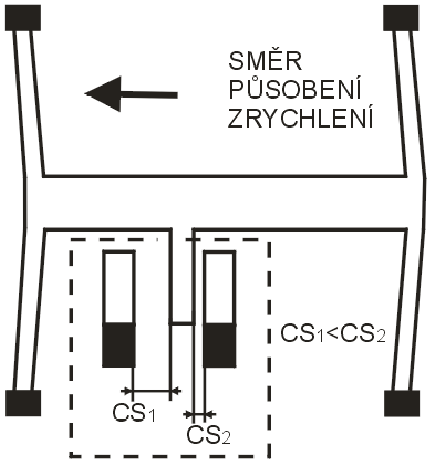
Jedná se o kompletní systém pro měření kladného i záporného zrychlení. Na *obr. 4-4* je zjednodušený nákres senzoru v klidovém stavu - při nulovém zrychlení. Celý senzor se skládá ze společného nosníku a z diferenčních kapacitních snímačů, které mají dvě pevné

destičky, mezi nimiž je jedna pohyblivá "plovoucí" spojená s nosníkem, která se vychyluje v závislosti na působícím zrychlení. Jde tedy o kapacitní dělič, tvořený dvěma kondenzátory zapojenými v sérii.

Pevné kapacitní destičky senzoru jsou buzeny obdélníkovými signály 1 MHz vzájemně posunutými o 180°. V klidovém stavu *(obr. 4-4)* jsou kapacity obou kondenzátorů stejné, a proto je napětí v jejich elektrickém středu (tj. na střední destičce) nulové. Na *obr. 4-5* je ukázáno, jak se vlivem zrychlení změní poloha nosníku senzoru. Střední destička se přiblíží k jedné z pevných destiček a zároveň se oddálí od druhé. Kapacity kondenzátorů budou rozdílné a na střední destičce se objeví obdélníkový signál, jehož amplituda je úměrná hodnotě zrychlení a fáze nese informaci o směru pohybu nosníku; ta se vyhodnocuje pomocí synchronního demodulátoru.



Obr. 4-4 Senzor v klidu (při 0 g)



Obr. 4-5 Senzor pod vlivem zrychlení

Specifikace akcelerometrů (technická data) [7]

Dynamický rozsah - je to +/- maximální amplituda, kterou lze změřit, než se snímač poškodí. Je uváděn v násobku g.

Frekvenční odezva - je určena hmotností snímače, piezoelektrickými vlastnostmi krystalu a rezonanční frekvencí krytu snímače. Je to frekvenční rozsah, v němž výstupní hodnota signálu akcelerometru má dovolenou odchylku +/-5%. 1g je zemské zrychlení 9,8 m/s^2.

Uzemnění - Zemnění signálu akcelerometrů je dvojím způsobem. Uzemněné akcelerometry mají s krytem spojen pól s nižším potenciálem. Protože je kryt snímače spojen se signálem a při montáži upevněn k vodivému materiálu, musí být věnována výběru snímače pozornost, abychom se vyhnuli problémům s rušením. Snímače s krytem odizolovaným od signálu jsou zase citlivé na indukované rušení.

Horní frekvenční limit - Je to frekvence, kdy výstupní signál překročí dovolenou odchylku. Souvisí to vždy s mechanickou rezonancí daného snímače.

Dolní prahová frekvence - Je to frekvence, při níž výstupní signál začíná klesat nebo jeho

přesnost překračuje dovolenou mez. Není to zcela nulový signál, avšak citlivost velmi rychle s nižší frekvencí klesá.

Rušení - Elektronické rušení je generováno v obvodech zesilovače. Toto frekvenční rušení může být buď širokopásmové nebo spektrální. Úrovně šumu jsou specifikovány v "g" např.: 0,0025g ; 2 - 25000Hz. Šum obvykle klesá s frekvencí a rušení na nízkých frekvencích tak bývá větším problémem než na frekvencích vysokých.

Rezonanční frekvence - je to frekvence na níž snímač rezonuje nebo zvučí. Frekvenční měření se snímači zrychlení se provádějí pod touto rezonanční frekvencí.

Citlivost - je to výstupní napětí snímače při měření určité síly vyjádřené v "g". Akcelerometry se dělí do dvou kategorií - s citlivostí 10mV/g nebo 100mV/g. Frekvence střídavého výstupního napětí odpovídá frekvenci vibrací. Výstupní úroveň napětí odpovídá amplitudě vibrací. Akcelerometry s nízkou úrovní výstupu se používají k měření vyšších úrovní vibrací, zatímco akcelerometry s vysokou úrovní výstupu jsou používány k měření nízkých úrovní vibrací.

Teplotní vliv (citlivost na teplotu) - je to výstupní napětí na stupeň Celsia měřené teploty. Snímače jsou teplotně kompenzovány s cílem udržení změn výstupního signálu v daných limitech v daném rozsahu teploty.

Teplotní rozsah - je limitován integrovaným obvodem konvertujícím elektrický náboj na nízko impedanční výstup. Typický rozsah je -50 až 120 stupňů C.

Výběr snímače zrychlení - akcelerometru

Při výběru akcelerometru pro určitou aplikaci se musí brát zřetel na následující podmínky.

- jaká je amplituda měřeného zrychlení?
- jaká je frekvence měřeného zrychlení?
- jaký je rozsah teploty dané instalace?
- jaká je velikost a tvar (vibračního, frekvenčního) signálu, který se má měřit?
- jsou tam elektromagnetická pole?
- je v dané oblasti vysoká úroveň elektrického rušení?
- je povrch, kde má být umístěn snímač, uzemněn?
- je okolní prostředí korozivní?
- vyžaduje se v daném prostředí instalace přístrojů v nevýbušném provedení?
- je dané prostředí vlhké nebo se skrápějící vodou?

Dále je třeba vzít v úvahu:

Hmotnost akcelerometrů by měla být mnohem menší než hmotnost monitorovaného objektu - systému.

Dynamický rozsah akcelerometru má být širší než je předpokládaný rozsah amplitudy. Frekvenční rozsah akcelerometru má odpovídat předpokládanému rozsahu frekvence. Citlivost akcelerometru by měla být dostatečná, aby výstupní signál byl kompatibilní s návaznými měřícími a vyhodnocovacími přístroji.

Použijte snímač s nízkou citlivostí pro měření vibrací s vysokou amplitudou a naopak snímač s vysokou citlivostí použijte k měření vibrací s malou amplitudou.

Montáž

Snímač musí být upevněn přímo na povrch stroje, aby měření zrychlení bylo správné a přesné.

Vhodnost použití konkrétního akcelerometru:

Výjdeme-li ze vztahu

$$v(t) = at \tag{4-1}$$

a znýmch změřených hodnot zrychlení či zpomalení, kdy k výsledku připočtu vektorový součet gravitační síly a síly způsobené zrychlením motorky. Celkové přetížení tedy bude v rozmězí hodnot 0-2,5G.

Jako vhodný akcelerometr použiji dvouosý akcelerometr MMA6270 od výrobce Freescale

- rozsah +-6g
- použitelnost při teplotě –40°C – 80°C
- rozměry 6x6x1,5mm

Další možný způsob snímání rychlosti motocyklu:

Vzhledem k podmínkám uvedeným v kapitole 4.3.2 jsme omezení způsobem snímání absolutní rychlosti motocyklu.

- anemometry- měření rychlosti proudění vzduchu- nevhodný pro svůj rozměr, možné ovlivňování skutečným větrem
- GPS- měří rychlost na základě příjmu a vyhodnocení satelitního signálu GPS (Global Position System)- nevýhodou je energetická náročnost, potřeba přímé viditelnosti na nebe, (je potřeba mít v dosahu minimálně 4 družice. Proto nelze měřit pod vodou, v tunelu nebo ani v místnosti), další možné omezení je ve městech s výškovými budovami, které stíní signál. [16]

4.4.3 Měření náklonu

Gyroskop

Gyroskop [9] je zařízení, určené k navigaci a určování směru. Původní gyroskop je vlastně setrvačník, těžké kolo otáčející se v ložiscích s nepatrným třením. Otáčející se setrvačník má moment hybnosti, takže jeho osa bez působení vnějších sil udržuje stále stejný směr – je to tedy zařízení, které dokáže určit svoji orientaci v prostoru (setrvačník nemění při rotaci svou polohu a tím dává informaci o orientaci dopravního prostředku v prostoru). Obvykle je setrvačník uložen v tzv. Cardanových závěsech, má tzv. 3 stupně volnosti). Pro tuto vlastnost je hojně využíván např. v letectví (tzv. umělý horizont), dále jako gyromouse, spaceball, či na lodích atd. Zejména v modelářství se pro RC modely používají gyro senzory.

V současné době místo mechanického provedení provedení optické s využitím světla, světlovodných vláken. Již v integrované podobě klasických součástek obsahující mimo samotný snímač i celou škálu vyhodnocovacích obvodů a logiky. Výstup je pak analogový,

digitální nebo obojí. Díky tomu lze gyroskopy použít i v běžných aplikacích, nejen ve vědě a výzkumu. Například dnes běžné přesné určování pozice a sledování pohybu objektů přes GPS by bez gyroskopů nebylo možné.

Charakterizují se [11]**:**

- Přesný řídící algoritmus
- Optimalizované řešení pro stálou rychlost otáčení
- Vysoká odolnost vůči otřesům a chvění.
- Optimalizovaný řídící signál s vysokou přenosovou rychlostí
- Přepínatelný formát
- Automatická detekce pro jakýkoliv typ vysílače a přijímače.
- Nulový čas počáteční inicializace po zapnutí
- Pokročilé zpracování signálu v reálném čase.
- Vestavěné teplotní čidlo pro eliminaci teplotního driftu.
- Velmi nízká hmotnost a malé rozměry.
- Autodiagnostika
- Jednoduchý a informativní LED displej.
- Nízký proudový odběr (20 mA).

Technické parametry

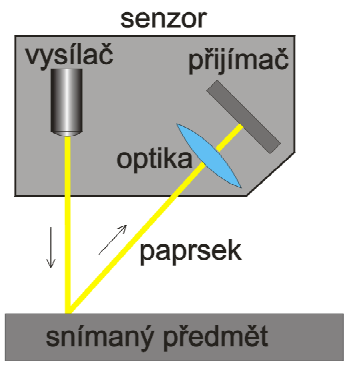
- Napájecí napětí: 4,5 - 5,5 V
- Proudový odběr: 20 mA
- Rozměry: 22x22x11 mm
- Hmotnost: 10 g

Pomoci měření vzdálenosti

K tomuto je nutné měřit vzdálenost od povrchu dvou shodně výškově umístěných bodů pevně na motocyklu v dané shodné vzdálenosti od osy motocyklu, kdy náklonem se bude vzdálenost bodu na jedné straně zvyšovat a na druhé straně snižovat.

Ze široké škály principů můžeme použít pouze ty, které jsou schopny snímat vzdálenost s měnící se polohou snímací části volně v prostoru.

Optické měření vzdálenosti



Obr. 4-8 Principiální schéma optoelektronického senzoru

Bezdotykové optoelektronické senzory vzdálenosti využívají mimo jiné i princip optické triangulace. Laserový paprsek vytváří na měřeném objektu nepatrný světelný bod. Detekcí úhlu odrazu této skvrny je vypočtena vzdálenost. [12]

Barva nebo tvar objektu mají pouze velmi malý vliv na výsledek.

Znečištění ... (vliv na snímací rozsah)

snižuje udávanou spínací vzdálenost snímačů a vláknové optiky ve srovnání s "čistým vzduchem", protože špína a částečky prachu se usazují na čočkách a ovlivňují jejich průhlednost – pohlcují a rozptylují světlo. Stlačený vzduch zbavený oleje může být použit jako preventivní ochrana proti zašpinění nečistotami ze vzduchu.

Indikace znečištění

Prahová úroveň", při které se mění signál, je definována jako 100%. "Bezpečné" pásmo je proto dosaženo pokud:
– je vstupní signál ≥ 130% prahové úrovně.
– je vstupní signál ≤ 70% prahové úrovně.

Senzory dostupné na trhu běžně automaticky kontrolují intenzitu světla. Signál je digitálně zpracován například za použití CCD kamery s vysokým rozlišením. Díky tomu není měření téměř ovlivněno změnami povrchu materiálu, jeho barvou a strukturou.

Mezi bezdotykovými inteligentními laserovými optoelektronickými senzory jsou senzory velmi malých rozměrů (65 × 50 × 20 mm), a proto jsou velmi vhodný pro aplikace s omezeným montážním prostorem. Pracují s digitálním signálovým procesorem a CCD kamerou a vše v nich bývá integrováno do jednoho pouzdra. Žádná další samostatná vyhodnocovací elektronika není nutná. Měřicí rozsahy senzoru jsou od 20 mm s typickou přesností ± 0,15 % z měřicího rozsahu a rychlostí 1 kHz. Naměřené údaje jsou digitálně zpracovávány a na výstupu jsou k dispozici jako analogový signál 4 až 20 mA a digitální signál.

Vhodnost použití konkrétního optosenzoru:

optoNCDT 1700 [17]- senzor i vyhodnocovací jednotka jsou integrovány do jednoho pouzdra s následujícími základními technickými parametry:

měřicí rozsahy: 2/10/20/50/100/200/500/750 mm
přesnost: +/- 0,08 % z měř. rozsahu
výstup: 4 - 20 mA / 0 - 10 V / RS 422

Jiné principy měření vzdálenosti:

- optické měření vzdálenosti na principu měření doby od vyslání po příjem signálu- nevýhodou je závislost odrazivosti na reflexních faktorech
- ultrazvukové měření vzdálenosti- nevýhodou bývá průměr detekční zóny, slepá oblast, rozsah použitelného měření
- využití IR nebo LED- nevýhodou je malý rozsah a závislost na odrazivosti materiálu

5 NÁVRH KONCEPCE ŘÍZENÍ VÝKONU MOTORU A BRZDNÉHO ÚČINKU

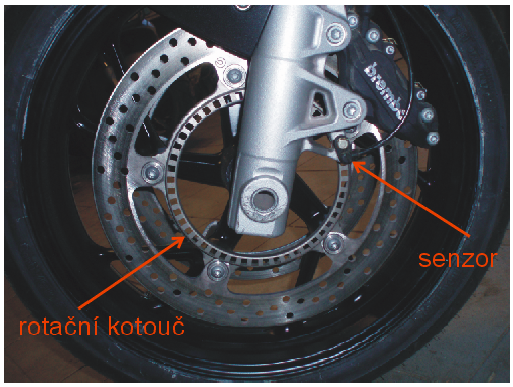
Aby nedocházelo k potlačení maximálního možného využití motocyklu, začne řídicí systém působit bezprostředně v okamžiku vzniku nežádoucí nebezpečné situace. Podmínkou je „neučit“ řídicí systém, tedy řídicí systém bude naprosto nezávislý na okolních podmínkách. Nebude rozhodovat ani teplota pneumatik, jejich přilnavost, povrch vozovky, profil vozovky ani další faktory mající vliv na vznik nebezpečné situace. Stejně tak bude naprosto nezávislý na rozhodnutí řidiče.

5.1 MONTÁŽ SNÍMAČŮ NA MOTOCYKL

Snímače uvedené v *kapitole 4* musíme vhodně umístit na motocykl tak, aby nám zaručovali správné objektivní snímání požadovaných hodnot.

5.1.1 Montáž indukčních snímačů

Indukčním snímačem otáček (viz. *kap. 4.4.1)* budeme snímat otáčky předního i zadního kola. Mechanickou část- rotační kotouč připevníme pod kotouč přední brzdy na ráfek předního i zadního kola. Přední kolo je zpravidla vybaveno dvěma brzdovými kotouči na každé straně. Postačí nám snímač pouze na jedné straně. Konstrukce mechanické části bude rozdílný pro jednotlivé modely motocyklů, protože neexistuje standard brzdových kotoučů.



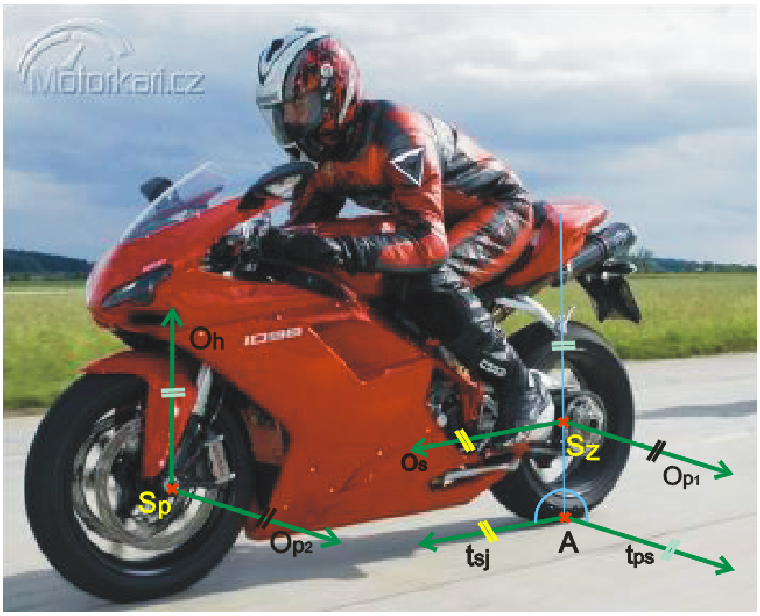
Obr. 5-1 Montážní místo snímače otáček

Každý výrobce používá jiný počet upevňovacích šroubů a jinou rozteč těchto upevňovacích šroubů. Elektrickou část připevníme vhodně pevně na přední vidlici v požadované vzdálenosti od rotační mechanické části *(obr. 5-1)* a stejně tak i na zadní kyvnou vidlici. Nejvhodnější místo je na držák brzdového třmenu z důvodu seřizování sekundárního převodu (nejčastěji řetěz), kdy se zadní kolo posouvá společně s brzdovým třmenem oproti zadní kyvné vidlici. Výrobce těchto elektrických snímačů je nesčetně, každý opět používá různé způsoby uchycení. Dle konkrétního typu vybereme ten nejvhodněji použitelný senzor.

Tyto dva snímače nám budou snímat rychlost otáčení předního i zadního kola. Jejich výstupem jsou spojité střídavé elektrické signály s neměnnou amplitudou a frekvencí závislou na rychlosti otáčení kola. Signály můžeme vhodně zesilovat nebo zeslabovat na požadovanou úroveň.

5.1.2 Montáž akcelerometrů

Akcelerometry nám budou sloužit ke snímání zrychlení (jeho derivací k měření absolutní rychlosti) ve všech třech osách. Použijeme dva dvouosé akcelerometry na zadní a na přední kolo. V jedné ose měření o_s představující přímku rovnoběžnou s tečnou t_{sj} v bodě styku zadního kola *A* s vozovkou ve směru jízdy. Druhá osa měření o_p *(s indexem 1 a 2)* odpovídá ose kolmé k první uvedené ose a zároveň kolmé k tečně t_{ps} v bodě styku kola *A* s vozovkou ve směru příčném ke směru jízdy. U předního kola budeme měřit v o_p *(s indexem 2)* a v ose kolmé o_h k tečně t_{ps} i $t_{sj.}$ K nejpřesnějšímu vnímání zrychlení v příčném směru je nutné snímače umístit co nejblíže k povrchu vozovky (místo styku pneumatiky). Z konstrukčního hlediska motocyklů se jedná o místo poblíž osy kola. *(viz. obr. 5-2)*



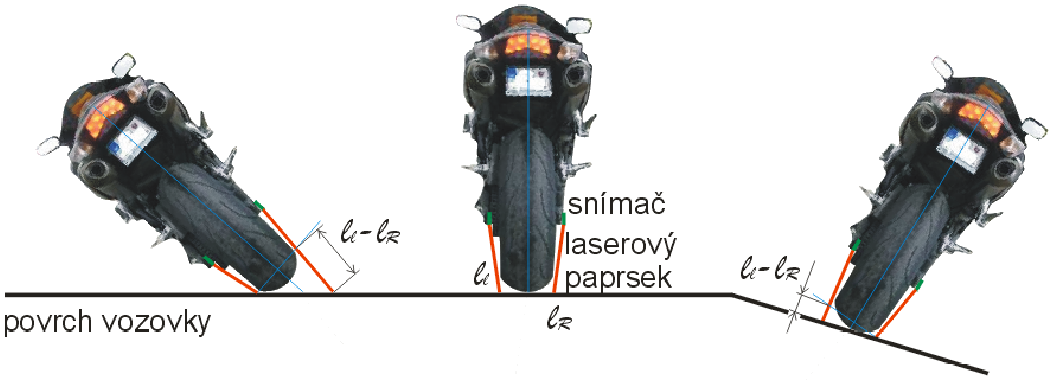
Obr. 5-2 Snímané osy akcelerometrem [15]

Výstupem těchto akcelerometrů je pro každou osu měnící se stejnosměrný signál, jehož aktuální hodnota v čase odpovídá odstředivému zrychlení g (citlivost akcelerometrů lze různě nastavit). Opět můžeme signál vhodně zesilovat nebo zeslabovat na požadovanou úroveň.

5.1.3 Montáž opto-elektrických snímačů

Senzory dle *kapitoly 4.4.4* použijeme na snímání náklonu motocyklu ne absolutního jako gyrometry, ale vzhledem ke skutečnému náklonu vůči povrchu, po kterém motocykl jede. Musí se vhodně umístit na určité rameno od osy motocyklu, což bude zadní kyvná vidlice. Použijeme dva snímače, každý na jednu stranu zadního kola ve shodné vzdálenosti od středu osy kola. (Zde je trochu problém v tom, že ne všechny motocykly jsou konstrukčně s oboustrannou zadní kyvnou vidlicí. Přibližně 95% motocyklů na našem trhu je osazen oboustrannou kyvnou vidlicí.) Takto dva umístěné snímače nám budou měřit vzdálenosti od vozovky a jejich rozdíl nám bude udávat aktuální hodnotu náklonu právě vzhledem ke skutečnému náklonu vozovky. *(viz. obr. 5-3)*

Směr senzorů umístíme tak, aby paprsek dopadal těsně kolem pneumatiky zadního kola, čímž potlačíme chybu v případě podélného zvlnění vozovky.



Obr. 5-3 Principiální měření náklonu motocyklu vzhledem k povrchu vozovky-pohled na zadní část motocyklu

Budeme-li uvažovat, že většina motocyklů má 17“ zadní ráfek a přičteme k tomu výšku pneumatiky, dostáváme se na rozměr okolo 55cm a budeme-li uvažovat maximální možný náklon jako odklon od kolmice 60° a senzor umístíme přibližně k ose kola, dopočítáme rozsah senzorů, který odpovídá hodnotě od 12cm do 44cm.

5.2 VLASTNÍ NÁVRH SYSTÉMU

Na *Obr. 5-4* je znázorněno blokové schéma řídicího systému.

Celý systém je rozdělen na vstupy, blok úpravy signálu, řídící jednotku a výstupy. Vstupní prvky obsahují pouze senzory, jejichž montáž a princip je popsán v předchozích kapitolách. Výstupy senzorů jsou označeny symboly ***u*** s indexy odpovídajícím senzoru.

Blok úpravy signálu nám zajistí, že přizpůsobí výstupní signál ze senzoru na požadovaný signál potřebný pro další využití a to ať už tvarem nebo velikostí. Obsahuje prvky jako zesilovače, demodulátory, A/D převodníky, apod. Tyto prvky jsou samostatně vhodně využívány pro daný signál. Každý signál má samostatný celek prvků, aby nedocházelo ke vzájemnému ovlivňování.

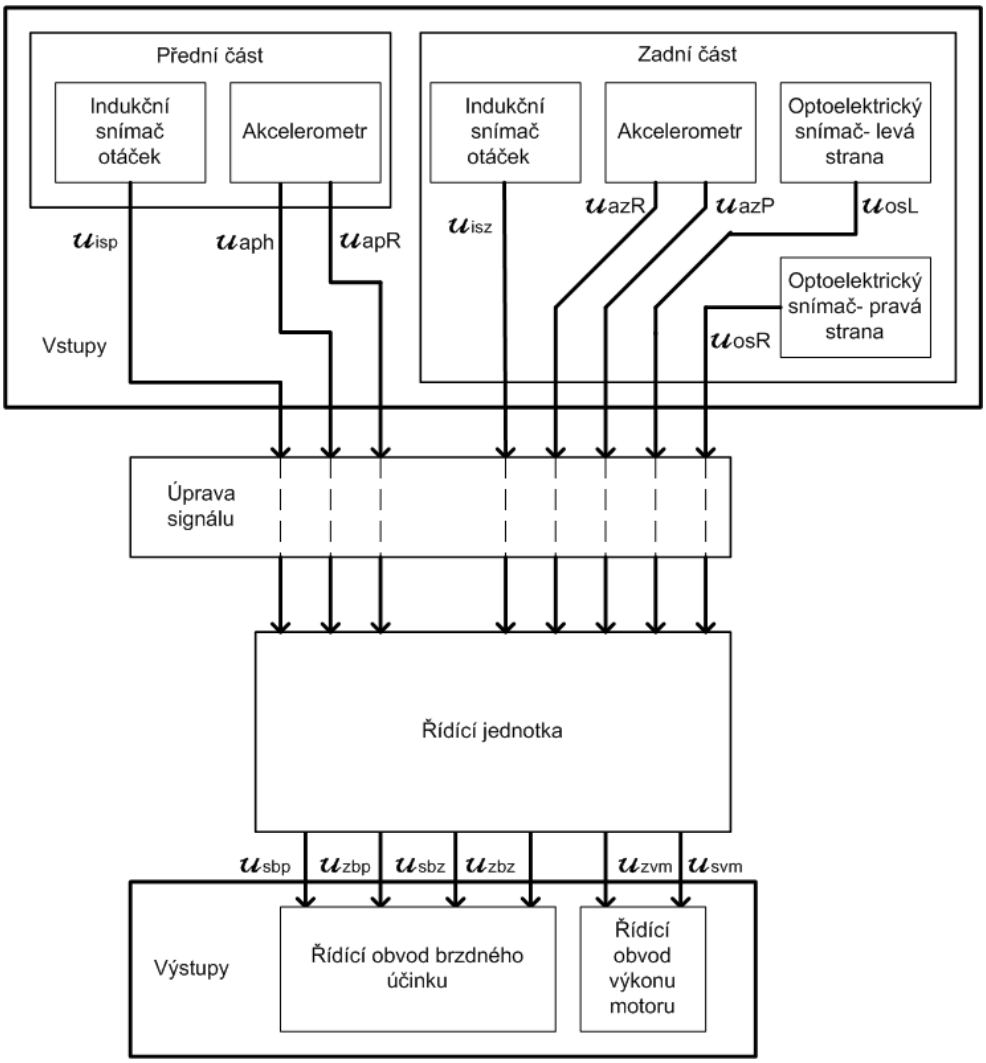
Řídící jednotka zpracovává signály získané po úpravě ze senzorů jako $u_{vst:}$

u_{isp} ... signál z indukčního snímače otáček - přední část
u_{apR} ... signál z akcelerometru v příčné ose – přední část
u_{aph} ... signál z akcelerometru ve svislé ose – přední část
u_{isz} ... signál z indukčního snímače otáček – zadní část
u_{azR} ... signál z akcelerometru v příčné ose – zadní část
u_{azP} ... signál z akcelerometru v ose přímé – zadní část
u_{osL} ... signál z opto-elektronického snímače – levá strana, zadní část
u_{osR} ... signál z opto-elektronického snímače – pravá strana, zadní část

Tyto signály vhodně zpracuje a vytvoří signál pro výstupní prvky $u_{výst:}$

u_{sbp} ... signál pro snížení brzdného účinku přední brzdy
u_{zbp} ... signál pro zvýšení brzdného účinku přední brzdy
u_{sbz} ... signál pro snížení brzdného účinku zadní brzdy
u_{zbz} ... signál pro zvýšení brzdného účinku zadní brzdy

u_{svm} ... signál pro snížení výkonu motoru
u_{zvm} ... signál pro zvýšení výkonu motoru



Obr. 5-4 Blokové schéma řídicího systému

ŘÍDICÍ JEDNOTKA

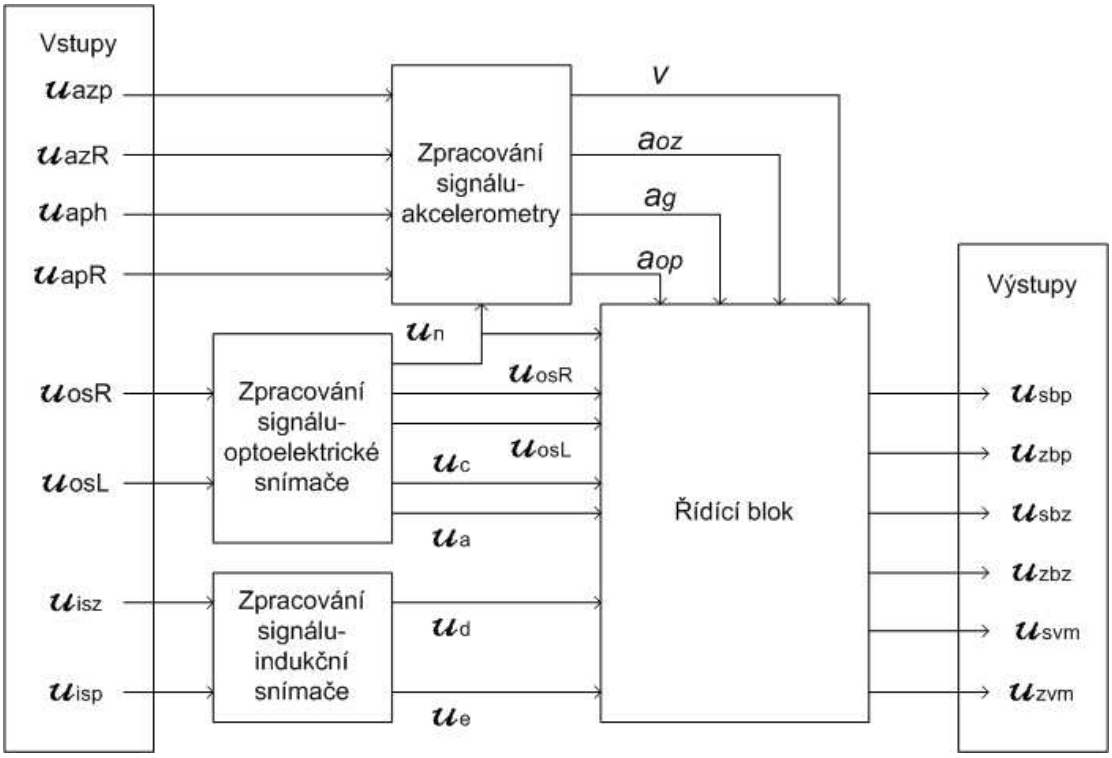
S ohledem na složení řídící jednotky si rozebereme jednotlivé její části vyobrazené na *obr. 5-5.* Označení vstupů a výstupů popsáno v předešlé kapitole. Ostatní označené hodnoty v blokovém schématu budou vysvětleny při rozboru.

Zpracování signálů z opto-elektrických snímačů

Na *obr. 5-6* je blokově znázorněno zpracování signálů získaných z opto-elektrických snímačů upravených v bloku pro úpravu signálu.

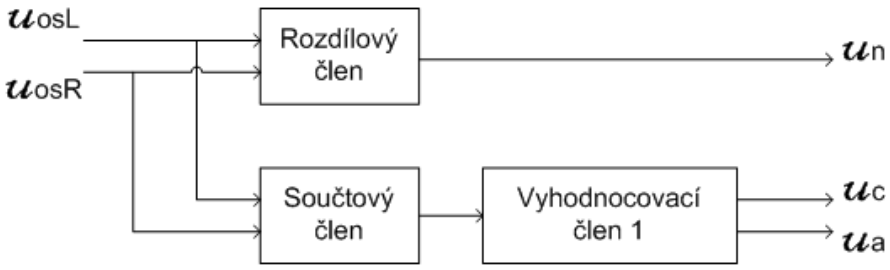
Vstupní signály $\boldsymbol{u_{osL}}$ jako výstup z levého optoelektrického snímače a signál $\boldsymbol{u_{osR}}$ jako výstup z pravého optoelektrického snímače, které jsou oba umístěny na zadní kyvné vidlici *(viz. kap. 5.1.3).*, jsou zbaveny v předchozí úpravě nežádoucího signálu, který odpovídá hrubosti povrchu po kterém motocykl jede. Může se jednat o kamínky, o hrubost asfaltového povrchu nebo o mezery mezi betonovými panely a podobně. Získaný signál odpovídá vhodně zesílené aproximaci snímaného signálu převedeného do digitální podoby s vhodnou vzorkovací periodou. Do součtového členu přivedeme jak signál z levého tak z pravého snímače. Tento člen pouze sečte oba signály na požadovanou hodnotu. Ve stejný okamžik do

rozdílového členu přivedeme také oba snímané signály z levého a pravého snímače a vzájemně je odečteme.



Obr. 5-5 Jednotlivé části řídící jednotky celého systému

Sečtený signál déle přivedeme do vyhodnocovacího členu 1, které vyhodnotí získaný signál tak, že obsahuje svoje určité předem dané toleranční pásmo, které je předdefinované maximálním a minimální možným součtem vzdáleností z obou senzorů. Při definici je přihlédnuto k opotřebení a tvaru pneumatiky a stejně tak k její deformaci vlivem zatížení.



Obr. 5-6 Blokové schéma jednotky pro zpracování signálu z opto-elektrických snímačů

Vyhodnocovací člen 1 zařadí dle svého algoritmu pro daný časový okamžik signál do množiny hodnot u_a (hodnoty nad tolerančním polem), která signalizuje pro daný okamžik zvednuté zadní kolo a u_c (hodnoty pod tolerančním polem), která nám signalizuje chybu tohoto systému. Chybou může být například selhání jednoho ze snímačů, prázdná pneu apod.

Výstup rozdílového členu nám udává náklon motocyklu i v případě chyby nebo zvednutého zadního kola. Jedná se o plnohodnotný signál u_n, který nám udává skutečný relativní náklon motocyklu vůči vozovce a bude se dále využívat. V případě signalizace zvednutého zadního kola je hodnota náklonu skutečné hodnota naklonění a to díky konstrukci

snímačů, ovšem v případě chyby toto nemůžeme zaručit. Chybový signál budeme dále využívat.

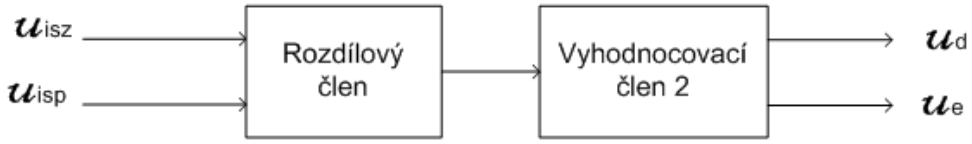
Algoritmus vyhodnocovacího členu 1:

```
a;      % hodnota u_a = signalizace stavu zvednuteho zadniho kola
b;      % hodnota u_R+L(t)
c;      % hodnota u_c = signalizace stavu porucha
m;      % horni mez tolerancniho pole = u_R+L +d, kde u_R+L = soucet vzdalenosti obou
        % snimacu v klidovem stavu, d= maximalni mozny teoreticky prirustek (ubytek)
        % hodnoty u_R+L, aby nedoslo ke ztrate kontaktu pneumatiky s vozovkou
n;      % dolni mez tolerancniho pasma = u_R+L -d

if b>m
        b=a;
else
        if b<n
                c=1;
end
```

Zpracování signálů z indukčních snímačů

Na *obr. 5-7* je blokově znázorněna zpracování signálů z indukčních snímačů použitých na předním a zadním kole.



Obr. 5-7 Blokové schéma jednotky pro zpracovávání signálů z indukčních snímačů

Výstup z indukčního snímače předního kola $\boldsymbol{u_{isp}}$ a stejně tak i výstup z indukčního snímače zadního kola $\boldsymbol{u_{isz}}$ je každý samostatně přiváděna do rozdílového členu, který provede jejich rozdíl. Protože průměry předního a zadního rotačního kotouče ke snímání mohou mít jiný rozměr, jiný počet okének, je třeba v předchozím členu oba signály vhodně upravit tak, abych jejich rozdíl měl vhodně zvolenou velikost, nejlépe 0. Rozdílový signál si popřípadě můžeme zesílit, aby byla odchylka více zřetelná. Tento signál si přivedeme do vyhodnocovacího členu 3, který pracuje tak, že rozdíl obou signálů musí spadat do tolerančního pole, které je předem dané a díky předchozímu zesilovači se upraví signál tak, že i malé změny budou velmi patrné a tudíž toto zařízení všechny signály mimo toleranční pole vyhodnotí jako rozdíl otáček obou kol. Bude-li získaný signál nad nebo pod tolerančním polem vyhodnotí se, že otáčky zadního nebo předního kola jsou větší než otáčky kola druhého. Označíme $\boldsymbol{u_d}$ -otáčky kola předního větší než otáčky kola zadního a $\boldsymbol{u_e}$ – otáčky kola zadního větší než otáčky kola předního pro daný okamžik. Tyto získané signály $\boldsymbol{u_d}$ a $\boldsymbol{u_e}$ se bude dále využívat.

Algoritmus vyhodnocovacího členu 2:

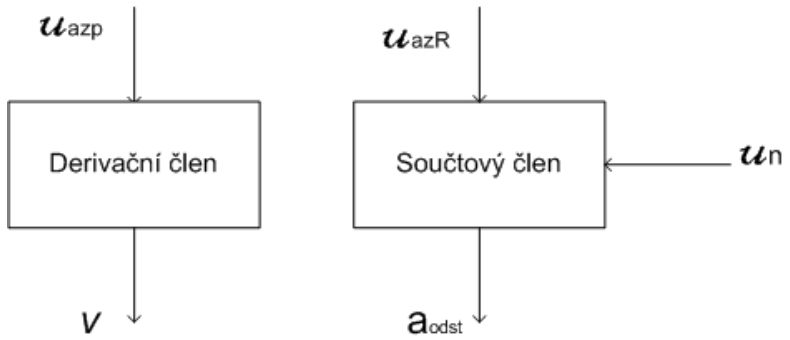
```
e;      % hodnota u_isp- u_isz (t)
p;      % hodnota u_e = signalizace smyku predniho kola
z;      % hodnota u_d = signalizace smyku zadniho kola
```

```
if e>0
        e=p;
else
        if e<0
                e=z;
end
```

Pozn. : algoritmus je vyjádřen pro naprosto ideální případ, pokud bychom uvažovali vliv nesouměrného opotřebování přední a zadní pneu, je třeba vytvořit toleranční pole větší než jenom e = 0. Např. kdyby přední a zadní rotační kotouč indukčního snímače měl jiné rozlišení, což by při rozdílů obou hodnot nedávalo rovnou nulu, ale určitou velikost signálu, určila by se povolená hranice minimálního skluzu (rozdíl otáček obou kol), ke které by mohlo dojít a potom při skluzu větším by byl teprve signalizován.

Úprava signálu z akcelerometrů

Dle kapitoly *kap 5.1.2* snímáme signál ve všech třech osách (*obr. 5-2*). Na *obr. 5-8* je blokové schéma zpracovávání signálu získaného z dvouosého akcelerometru (po následné úpravě v bloku úprava signálu) umístěného za zadní části. Signál z akcelerometru umístěného na přední části motocyklu se zpracovává u obou os shodným způsobem jako signál zpracovávaný v příčném směru. Z tohoto důvodu není třeba překreslovat shodné blokové schéma vyobrazeného v pravé části *obr. 5-8.*



Obr. 5-8 Blokové schéma obvodu pro úpravu signálu z dvojosého akcelerometru- zadní kolo

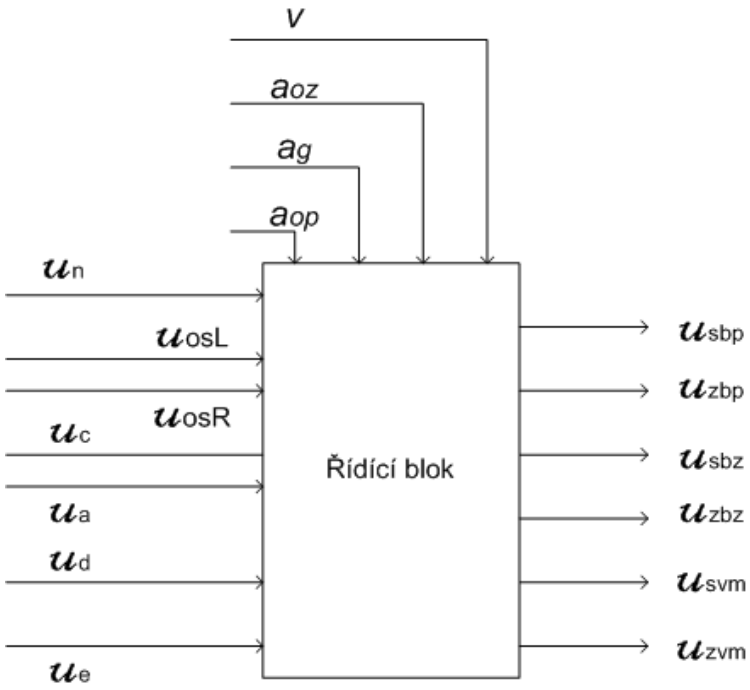
Signál získaný v podélné ose o_s (*obr. 5-2)* vyjadřuje zrychlení (zpomalení) v přímém směru. Protože potřebujeme v přímém směru získat rychlost, signál přivedeme do derivačního členu, kde proběhne derivace podle času, a získáme požadovanou rychlost motocyklu. Tato rychlost je naprosto nezávislá jak na otáčkách motoru tak na otáčkách kol, což byla nutná podmínka. Jedná se o absolutní rychlost v přímém směru. Získaný spojitě se měnící stejnosměrný signál můžeme dále upravovat v A/D převodníku s určitou vzorkovací periodou na diskrétní. Získaný signál v budeme dále využívat.

Signál získaný v příčné ose o_p (*obr. 5-2-* o_{p1}, o_{p2}) je přiváděn jako u_{azR} (u_{ap}) po předchozí úpravě do součtového členu. Tento signál nám vyjadřuje zrychlení v příčném směru, tedy odstředivé zrychlení, ale zatížený chybou náklonu, neboť senzory jsou připevněné napevno a z toho důvodu je směr snímané osy závislý na náklonu. Pokud bychom chtěli mechanicky tento snímač natáčet dle aktuálního naklonění motocyklu, působení činitele času by docházelo k opotřebení a následnému nepřiliž přesnému snímání požadovaného

odstředivého zrychlení. Z tohoto důvodu přivádíme získaný signál do součtového členu, kde k tomuto přičteme ještě signál získaný náklonem $\boldsymbol{u_n}$ (viz. *kap. 5.2.1).* Takto matematicky upravený signál nám (při vhodně zvolených zesilovačích při úpravě signálu z optoelektrických snímačů) udává přesnou hodnotu zrychlení v příčném směru nezávisle na náklonu motocyklu. Získaný signál $\boldsymbol{a_{odst}}$ se bude dále využívat. Připomínám, že tyto signály budou dva. Ze zadního kola $\boldsymbol{a_{odstz}}$ a z kola předního $\boldsymbol{a_{odstp}}$.

Stejný postup přičítání signálu náklonu se bude praktiovat I u signálu snímaného v ose $\boldsymbol{o_h}$ akcelerometrem na přední části motocyklu. *(viz. obr. 5-2)*

Řídící blok



Obr. 5-9 Řídicí blok systému

Tento blok zpracovává dle *obr. 5-9* všechny uvedené vstupy a vyhodnocuje je podle svého algoritmu na pouhé dva výstupy. Výstup pro řízení výkonu motoru a výstup pro řízení brzdného účinku.

Stanovení podmínek

Jízda po zadním kole

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, je-li horizontální zrychlení kladné, zároveň otáčky zadního kola jsou větší než otáčky předního kola, ale pouze tehdy jsou-li otáčky zadního kola větší než skutečná rychlost motocyklu. Rozdíl otáček zadního kola oproti rychlosti motocyklu je signál ke snížení výkonu motoru

Algoritmus:

```
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu
g;      % hodnota a_g = horizontalni zrychleni
k;      % hodnota u_isz = otacky zadniho kola
s;      % hodnota u_svm = snizeni vykonu motoru
```

```
if k>v && g>0
        s=diff (k-v);
end
```

Prokluz zadního kola/ prokluz zadního kola v zátočině

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, jsou-li otáčky zadního kola větší než otáčky kola předního a zároveň otáčky předního kola se rovnají rychlosti motocyklu. Rozdíl otáček zadního a předního kola je signál pro snížení výkonu motoru, kdy rychlost snižování výkonu motoru je úměrná náklonu motocyklu (větší náklon, menší rychlost snižování výkonu motoru)

Algoritmus:

```
e;      % hodnota u_isp- u_isz (t)
n;      % hodnota u_n
j;      % hodnota u_isp
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu
s;      % hodnota u_svm = snizeni vykonu motoru

if e<0 && j=v
        e=s(n);
end
```

Smyk zadního kola při brzdění

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, jsou-li otáčky předního kola větší než otáčky kola zadního a zároveň platí, že otáčky kola předního jsou rovny rychlosti motocyklu. Rozdíl otáček obou kol je signál pro snížení brzdného účinku zadní brzdy a zároveň pro zvýšení brzdného účinku brzdy přední

Algoritmus:

```
e;      % hodnota u_isp- u_isz (t)
j;      % hodnota u_isp
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu
s;      % hodnota u_svm = snizeni vykonu motoru
m;      % hodnota u_sbz = snizeni brzdneho ucinku zadni brzdy
o;      % hodnota u_zbp = zvyseni brzdneho ucinku predni brzdy

if e>0 && j=v
        e=m && e=o;
end
```

Smyk předního kola při brzdění

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, jsou-li otáčky zadního kola větší než otáčky kola předního a zároveň platí, že otáčky kola zadního jsou rovny rychlosti motocyklu. Rozdíl otáček obou kol je signál pro snížení brzdného účinku přední brzdy a zároveň pro zvýšení brzdného účinku brzdy zadní

Algoritmus:

```
e;      % hodnota u_isp- u_isz (t)
k;      % hodnota u_isz = otacky zadniho kola
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu
n;      % hodnota u_sbp = snizeni brzdneho ucinku predni brzdy
q;      % hodnota u_zbz = zvyseni brzdneho ucinku zadni brzdy

if e<0 && k=v
        e=n && e=q;
end
```

Jízda po předním kole

- tento případ nastane tehdy, je-li součet hodnot opto-elektrických snímačů větší než referenční hodnota. Rozdíl naměřené hodnoty oproti hodnotě referenční je signál pro snížení brzdného účinku přední brzdy.

Algoritmus:

```
a;      % hodnota u_a = signalizace stavu zvednuteho zadniho kola
n;      % hodnota u_sbp = snizeni brzdneho ucinku predni brzdy

if a>0
        a=n;
end
```

Smyk zadního kola v zátočině

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, sníží-li se zatížení *g* zadního kola (odstředivé zrychlení), které je dané hmotností na zadním kole ze soustavy řidič-motocykl, rychlostí a náklonem (poloměrem zátočiny), při současném zachování případně zvýšení absolutní hodnoty horizontálního zatížení *g* (horizontálního zrychlení). Rozdíl horizontálního a odstředivého zatížení zadního kola je signál pro snížení brzdného účinku zadního kola.

Algoritmus:

```
g;      % hodnota a_g = horizontalni zrychleni
m;      % hodnota u_sbz = snizeni brzdneho ucinku zadni brzdy
r;      % hodnota a_odstz = odstredive zrychleni zadniho kola
n;      % hodnota u_n = náklon
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu

if  r<n*v && |n*r|=g
        |m|=|g-r|;
end
```

Smyk předního kola v zátočině

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, sníží-li se zatížení *g* předního kola (odstředivé zrychlení), které je dané hmotností na předním kole ze soustavy řidič-motocykl, rychlostí a náklonem (poloměrem zátočiny) při současném zachování

případně snížení hodnoty horizontálního zatížení *g* (horizontálního zrychlení). Rozdíl horizontálního a odstředivého zatížení předního kola je signál pro snížení brzdného účinku předního kola.

Algoritmus:

```
g;      % hodnota a_g = horizontalni zrychleni
m;      % hodnota u_sbz = snizeni brzdneho ucinku zadni brzdy
u;      % hodnota a_odstp = odstredive zrychleni predniho kola
n;      % hodnota u_n = náklon
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu

if  u<n*v && |n*r|=g
        |m|=|g-u|;
end
```

Pád motocyklu v zátočině

- tento případ nastane tehdy a jen tehdy, sníží-li se hodnota (zvětší se absolutní hodnota) zatížení *g* horizontálního (horizontální zrychlení) při současném zachování odstředivého zatížení *g* (odstředivého zrychlení). Rozdíl obou zrychlení je signál pro zvýšení výkonu motoru.

Algoritmus:

```
g;      % hodnota a_g = horizontalni zrychleni
n;      % hodnota u_n = náklon
v;      % hodnota v = rychlost motocyklu
z;      % hodnota u_zvm = zvyseni vykonu motoru

if (n*v) >g
        z=|g-(n*v)|;
end
```

5.2 DALŠÍ POTŘEBNÉ KOMPONENTY

Změna výkonu motoru

Budeme-li měnit výkon motoru (snižovat a zvyšovat) motocyklu bez vědomí řidiče, můžeme to provádět hned několika způsoby:

- velmi rychlý a v dostatečném rozsahu je způsob, kdy lze měnit předstih zapalování řídící jednotkou, která využívá další základní infomrace jako například otáčky motoru, poloha škrtící klapky, rychlosti motorky, zařazený rychlostní stupeň, teplota a tlak nasávaného vzduchu, teplota motoru, hodnotě zbytkového kyslíku ve spalinách, … a reaguje v časech 1/50 s.
- změnou polohy škrtící klapky, která je například u motocyklu Yamaha R6 roku výroby 2006 řešena systém elektronického plynu. (Pomoci lanka je otočení plynovou rukojetí přenášeno na potenciometr umístěný na tělese sacího potrubí. Informaci zpracovává řídící jednotka a ta následně pomocí servomotorku natáčí škrtící klapku v sacím potrubí)
- změnou množství vstřikovaného paliva

Poznámka: podmínkou řízení výkonu motoru je motor se vstřikováním paliva. Běžně se začal používat systém vstřikování u čtyřtaktních sportovně cestovních motocyklů v polovině 90 let 20. století. V současné době je to nepřímou podmínkou prodeje motocyklů na tuzemském trhu danou emisními limity.



Obr. 5-10 Elektrohydraulické brzdové servo používané u ABS motocyklů BMW [18]

Ovlivnění brzdového účinku brzd

K ovlivňování brzdného účinku brzd je zapotřebí podobná komponenta jako u systému ABS u osobních automobilů. U motocyklových systémů ABS se tato komponenta nazývá elektro-hydraulické brzdové servo (jednotka) nebo podobně.

Jedná se o hydraulickou pumpu hnanou elektromotorem. Tyto komponenty se v současné době vyrábějí s hmotností řádově několik kilogramů ty nejlehčí pod 5 kg.

V případě, že je potřeba snížit brzdný účinek jednoho okruhu brzdy (předního nebo zadního) elektromagnetický ventil uvolní tlak v okruhu, který se přemístí do zásobníku s brzdovou kapalinou. V případě, že současně je nutné zvýšit brzdný účinek druhého okruhu brzd, otevře se vhodný elektromagnetický ventil do tohoto okruhu a tím se nepotřebný tlak využije. Změny tlaku je tato komponenta schopna provádět až 16krát za vteřinu.

6 OVĚŘENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU V SIMULAČNÍM PROSTŘEDÍ

K odzkoušení navrženého systému použijeme programové prostředí mimo jiné pro počítačové simulace MATLAB verze 7.1 s nadstavbou Simulink pro modelování dynamických systémů.

Podmínky, za kterých je možné program spustit a provozovat (podporované platformy):

- Windows 2000 (SP 3 nebo 4), XP (SP 1 nebo 2), Vista, Server 2003
- Windows XP x 64, Windows Server 2003
  - RAM (512) 1024 MB, místo na HDD 460 MB (jen MATLAB A Help)
  - Pentium III, IV, Xeon, M, AMD Athén, MP, XP, 64, AMD Operon, Intel Core Duo, 2
- Solaris 8, 9, 10
  - SPARC, UltraSPARC
- Linux 32-bit Kernel 2.4.x nebo 2.6.x, glibc 2.3.2
  - Pentium III, IV, Xeon, M, AMD Athén, MP, XP, 64, AMD Operon, Intel Core Duo, 2
- Linux 64-bit Kernel 2.4.x nebo 2.6.x, glibc 2.3.4
  - Intel EM64T, AMD64, Intel Core 2 Duo
- Macintosh
  - Tiger, Panter, Intel

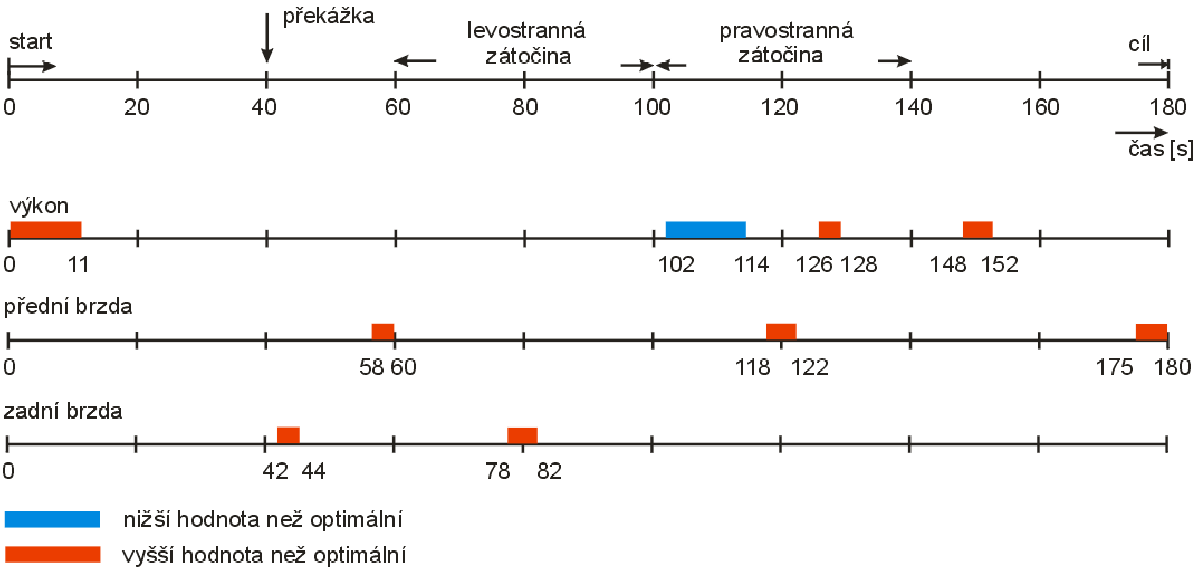
Ověření je provedeno na úseku jízdy dle kapitoly 2.

6.1 POPIS MODELU

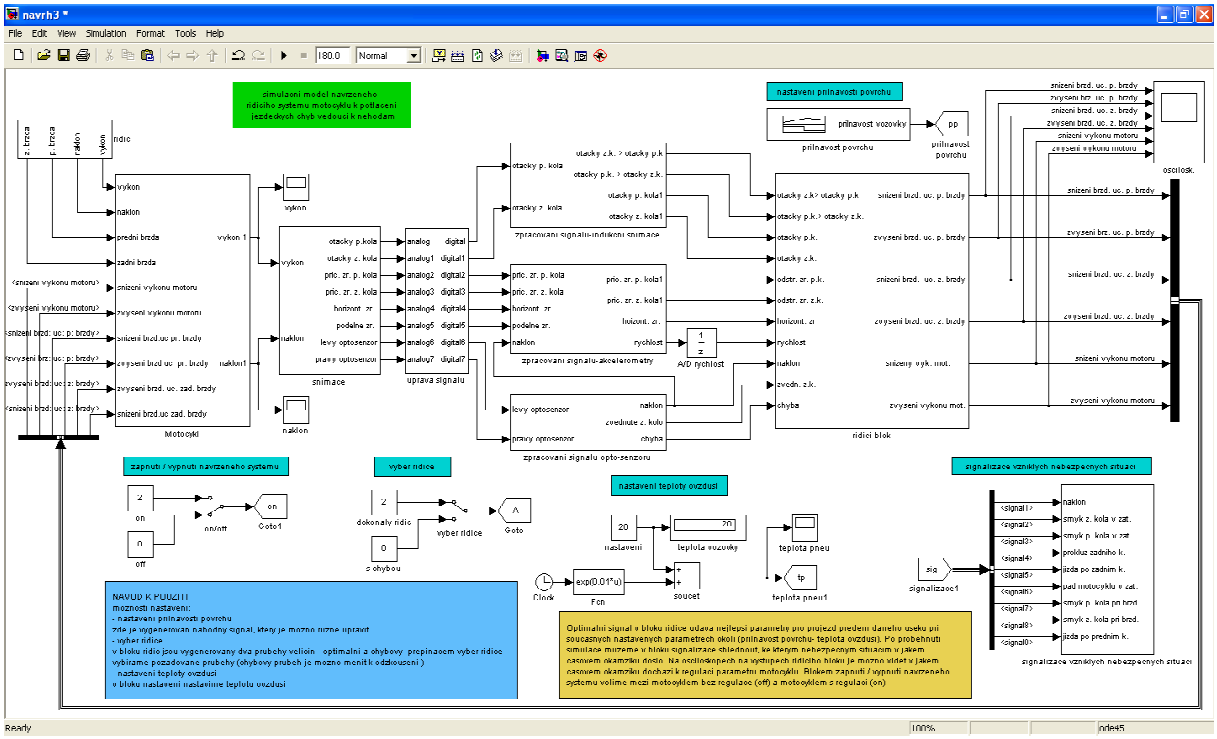
Celý simulační model se skládá z následujících částí:

- řidiče
- motocykl
- systém navržený dle kap. 5.2
- signalizace
- nastavení

Popis projížděného úseku a chyb řidiče v signálu s chybou řidiče v časové ose:



Obr. 6-1 Projížděný úsek a chyby řidiče znázorněné v časové ose



Obr. 6-2 Simulační model navrženého řídicího systému motocyklu k potlačení jezdeckých chyb vedoucí k nehodám

6.1.1 Motocykl

Mezi vstupy bloku motocykl jsou výstupy bloku řidiče (viz. výše) a výstupy řídicího bloku:

- snížení brzdného účinku přední brzdy
- zvýšení brzdného účinku přední brzdy
- snížení brzdného účinku zadní brzdy
- zvýšení brzdného účinku zadní brzdy
- snížení výkonu motoru
- zvýšení výkonu motoru,

které jsou zpětnou vazbou ovlivňující správným poměrem veličinu výkon, brzdný účinek přední brzdy a brzdný účinek zadní brzdy jako výstupy bloku řidiče k dosažení požadovaného průběhu.

Blok motocykl dále obsahuje přepínače, které jsou ovládány přepínačem *„on/off“* v hlavním návrhu systému, který přerušuje zpětnou vazbu a tím vyřazuje celý navržený řídicí systém z provozu.

Další velice důležitý subsystém bloku motocykl je model motocyklu („model moto“). Zpracovává všechny vstupy celého návrhu:

- výkon
- náklon
- brzdný účinek přední brzdy
- brzdný účinek zadní brzdy
- teplota pneu
- přilnavost povrchu

A podle vhodných dynamických rovnic (popisující chyby uvedené v kapitole 2) a vhodně nastavených konstant úměrných vygenerovaným signálům vyhodnocuje tyto vstupy, kdy po překročení maximální třecí síly dle Kammovi kružnice (*kap. 3*) detekuje nebezpečnou situaci a vytvoří vhodný signál, který se dále zpracovává blokem „snimace".

Pozn. Při přepnutí přepínačem *„vyber ridice"* na dokonalého řidiče (řidič s optimálními průběhy), při zachování původně nastavených hodnot teplota ovzduší a přilnavost pneu, blok *„model moto"* produkuje nulové výstupní signály. (Nevyhodnotí žádnou nebezpečnou situaci)

6.1.2 Systém navržený dle kap. 5.2

Snímače

Blok zpracovávající výstupy bloku *„motocykl"* včetně bloku *„model moto"* a vytváří vhodné signály uvedené v kapitole 5.2.

Úprava signálu

Blok v tomto modelu pouze převádí výstupy snímačů do digitální podoby. Vhodné zesílení či zeslabení signálu není třeba s ohledem na vhodné nastavení původních vstupních signálů.

Zpracování signálu- indukční snímače, zpracování signálu-akcelerometry, zpracování signálu- optosenzory

Tyto bloky obsahují součtové členy, rozdílové členy, derivační člen a vyhodnocovací členy pracující dle svého algoritmu uvedených v kap. 5.2

Řídící blok

V tomto bloku jsou modelovány algoritmy uvedené v kapitole 5.2 v části řídicí blok. Výstupem jsou signály:

- snížení brzdného účinku přední brzdy
- zvýšení brzdného účinku přední brzdy
- snížení brzdného účinku zadní brzdy
- zvýšení brzdného účinku zadní brzdy
- snížení výkonu motoru
- zvýšení výkonu motoru,

které jak je uvedeno výše vstupují jako zpětná vazba do bloku *„motocykl"*.

Zároveň jsou v tomto bloku detekovány jednotlivé nebezpečné situace uvedené v kap. 3 a signál je převeden do hlavního návrhu do bloku *„signalizace vzniklych nebezpecnych situaci"*.

6.1.3 Signalizace

V hlavním návrhu je možno shlédnout pomocí osciloskopu výstupní hodnoty řídicího bloku, které vstupují jako zpětná vazba do bloku *„motocykl"*.
V bloku *„signalizace vznikych nebezpecnych situaci"* je možno vidět v jakém časovém okamžiku dochází ke konkrétní nebezpečné situaci.

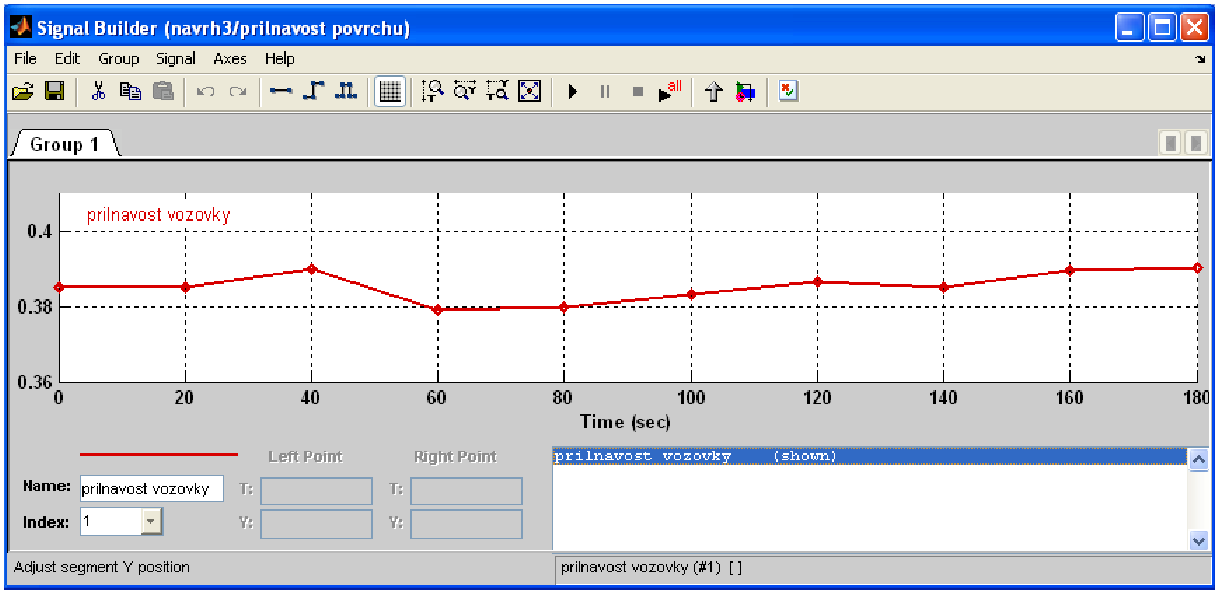
Pozn. Horizontální osa znázorňuje časovou osu, vertikální osa výchylku.

6.1.4 Nastavení

Přilnavost povrchu

Nastavit můžeme pomoci bloku „prilnavost povrchu“ koeficient přilnavosti povrchu v určité časové oblasti. Předem je vygenerován náhodný časový průběh v určitém rozmezí hodnot s určitou časovou hodnotou změny. Je možno si tento signál upravit individuální k odzkoušení systému. Například zvýšením či snížením přilnavosti.

Nastavení má vliv na vzniklé chyby i při přepnutí na dokonalého řidiče.



Obr. 6-3 Vygenerovaný signál přilnavost povrchu

Teplota ovzduší

Nastavení teploty ovzduší můžeme provést v bloku nastavení změnou počáteční hodnoty. Toto nastavení znázorňuje předpoklad, že za dobu 3 minut se nezmění výrazně teplota ovzduší. Z teploty ovzduší se podle vhodné časové funkce vypočítává teplota pneumatik, která má vliv na přilnavost k vozovce. Tento výpočet je nadefinován pouze po dobu 3 minut. Teplota pneu neporoste dále do nekonečna, ale pouze do svého horního maxima.

Teplota pneu se dále zpracovává v bloku „*model moto*“.

Nastavení teploty ovzduší má vliv na vzniklé chyby i při přepnutí na dokonalého řidiče.

6.2 POČÁTEČNÍ NASTEVENÍ SIMULACE

Teploty ovzduší

- v bloku „*nastavení*“ nastavíme hodnotu 20 (představuje hodnotu 20°C)

Přilnavost vozovky

- v bloku „*přilnavost povrchu*“ vygenerujeme náhodný signál viz. obr. 6-3

6.3 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI SIMULAČNÍHO MODELU

Pro ověření funkčnosti simulačního modelu uvedeme čtyři příklady:

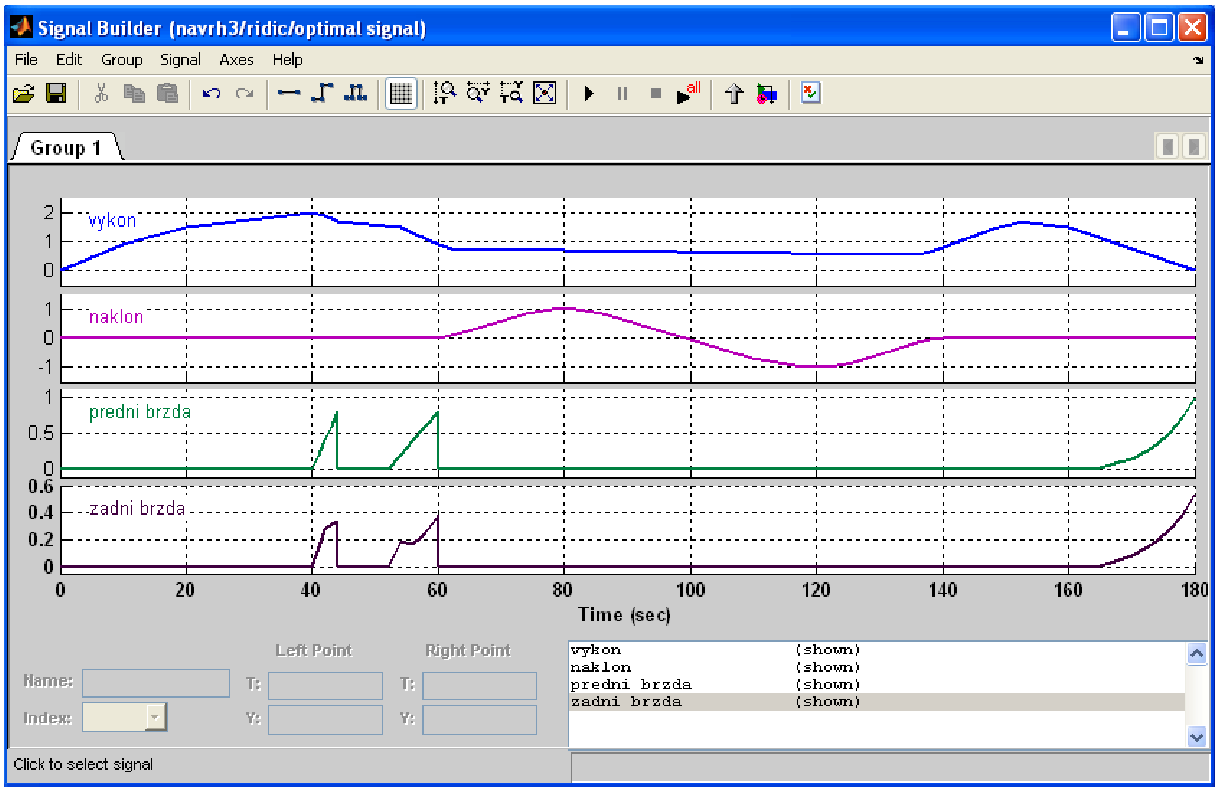
1) navržený systém vypnutý, dokonalý řidič
2) navržený systém zapnutý, dokonalý řidič
3) navržený systém vypnutý, řidič s chybami
4) navržený systém zapnutý, řidič s chybami

6.3.1 Navržený systém vypnutý, dokonalý řidič

Vstupy:

Zapnutí/ vypnutí navrženého systému- off (vypnuto)

Vyber řidiče – dokonalý řidič- pro prvotní odzkoušení systému je vybrán dokonalý řidič, jeho parametry jsou viditelné na obr. 6-4.



Obr. 6-4 Parametry dokonalého řidiče

Výstup:

Po proběhnutí simulace není na výstup řídícího bloku žádný signál, rovněž tak ani v bloku signalizace vzniklých nebezpečných situací není signalizovaná žádná nebezpečná situace.

6.3.2 Navržený systém zapnutý, dokonalý řidič

Vstupy:

Zapnutí/ vypnutí navrženého systému- on (zapnuto)

Vyber řidiče – dokonalý řidič- parametry jsou viditelné na obr. 6-4.

Výstup:

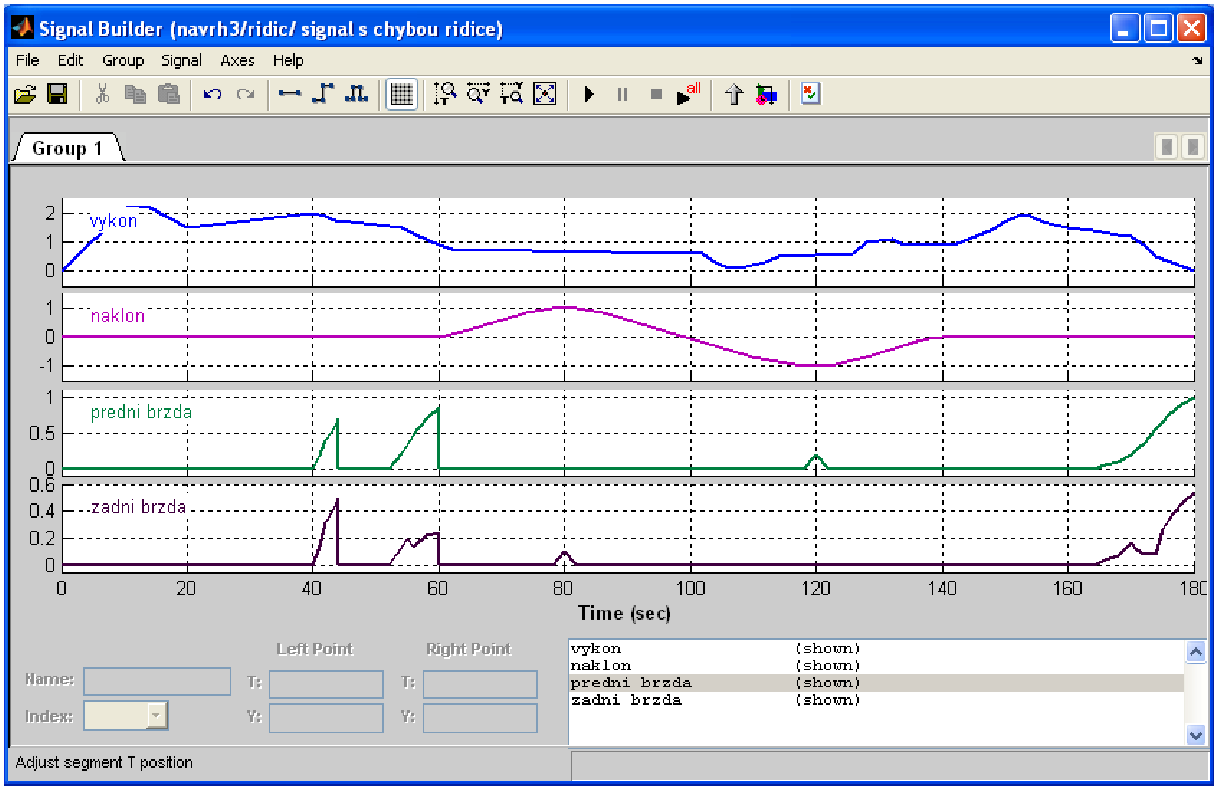
Po proběhnutí simulace není na výstup řídícího bloku žádný signál, rovněž tak ani v bloku signalizace vzniklých nebezpečných situací není signalizovaná žádná nebezpečná situace.

6.3.3 Navržený systém vypnutý, řidič s chybami

Vstupy:

Zapnutí/ vypnutí navrženého systému- off (zapnuto)

Vyber řidiče – s chybou- parametry jsou viditelné na obr. 6-5.



Obr. 6-5 Parametry řidiče s chybou

Výstup:

Po proběhnutí simulace je na osciloskopu v bloku *„signalizace vzniklých nebezpečných situací“* detekováno kdy v konkrétním časovém okamžiku došlo k dané nebezpečné situaci a na výstupu řídícího bloku je v bloku *„oscilosk.“* patrné, kdy v kterém časovém okamžiku dochází k regulaci potřebných parametrů motocyklu. Viz. obr. 6-6 a 6-7.

Signál nastavený na obr. 6-5 odpovídá chybám řidiče v porovnání se signály nastavené dle obr. 6-4 v časové ose.

6.3.4 Navržený systém zapnutý, řidič s chybami

Vstupy:

Zapnutí/ vypnutí navrženého systému- on (zapnuto)

Vyber řidiče – s chybou- parametry jsou viditelné na obr. 6-6.

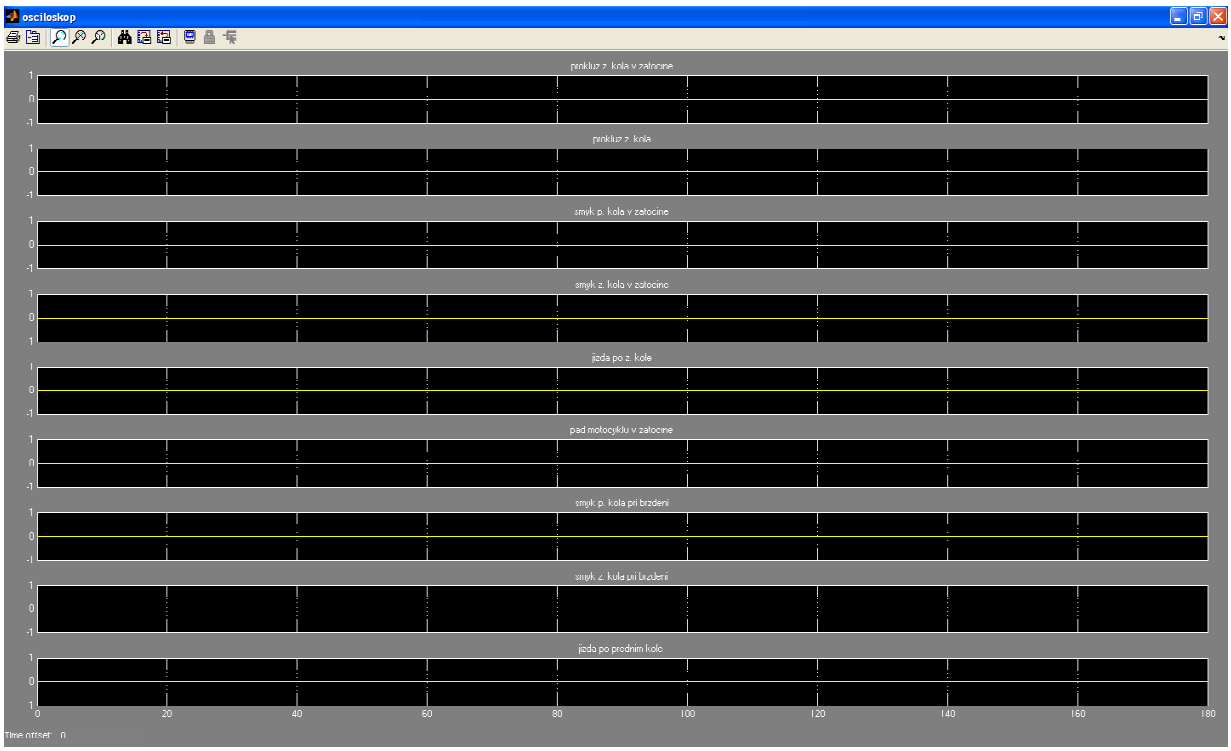
Výstup:

Po proběhnutí simulace je na osciloskopu v bloku *„signalizace vzniklých nebezpečných situací“* viditelné, že nedochází k žádné nebezpečné situaci.

6.4 VYHODNOCENÍ SIMULACE

Vyhodnocení provedeme na následujících grafech. (výstupy z osciloskopu v bloku „signalizace vzniklých situací“)

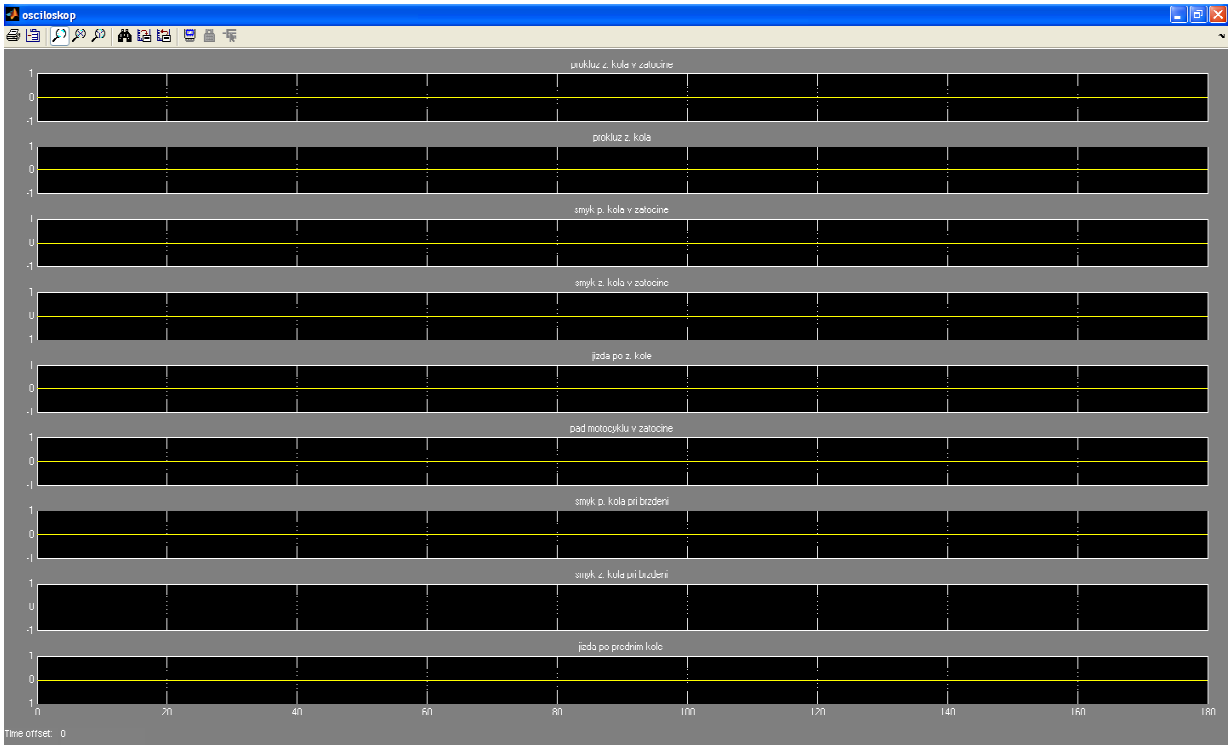
Změna stavu z hodnoty 0 na stav hodnoty 1 zobrazuje vzniklou nebezpečnou situaci, vertikální osa znázorňuje změnu stavu, horizontální osa je osa časová



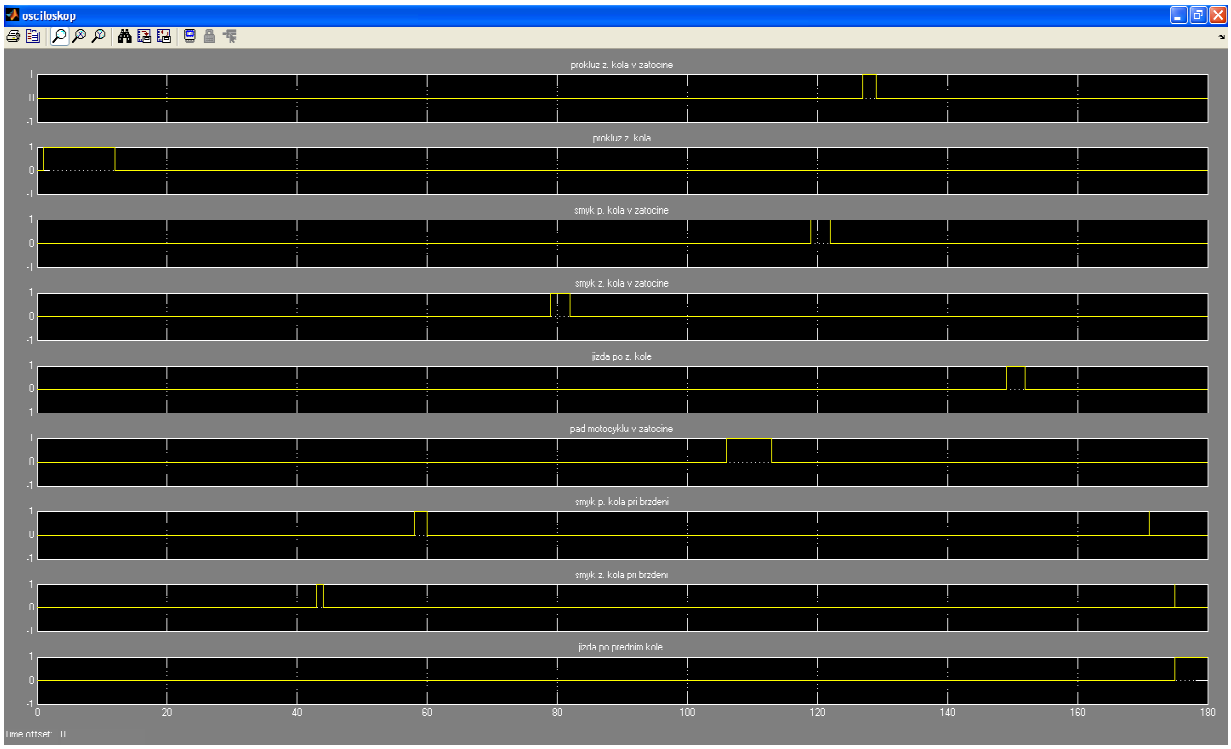
Obr. 6-6 a) dokonalý řidič, navržený systém vypnutý (dle kap. 6.3.1)

Popis jednotlivých grafů osciloskopu postupně shora dolů:

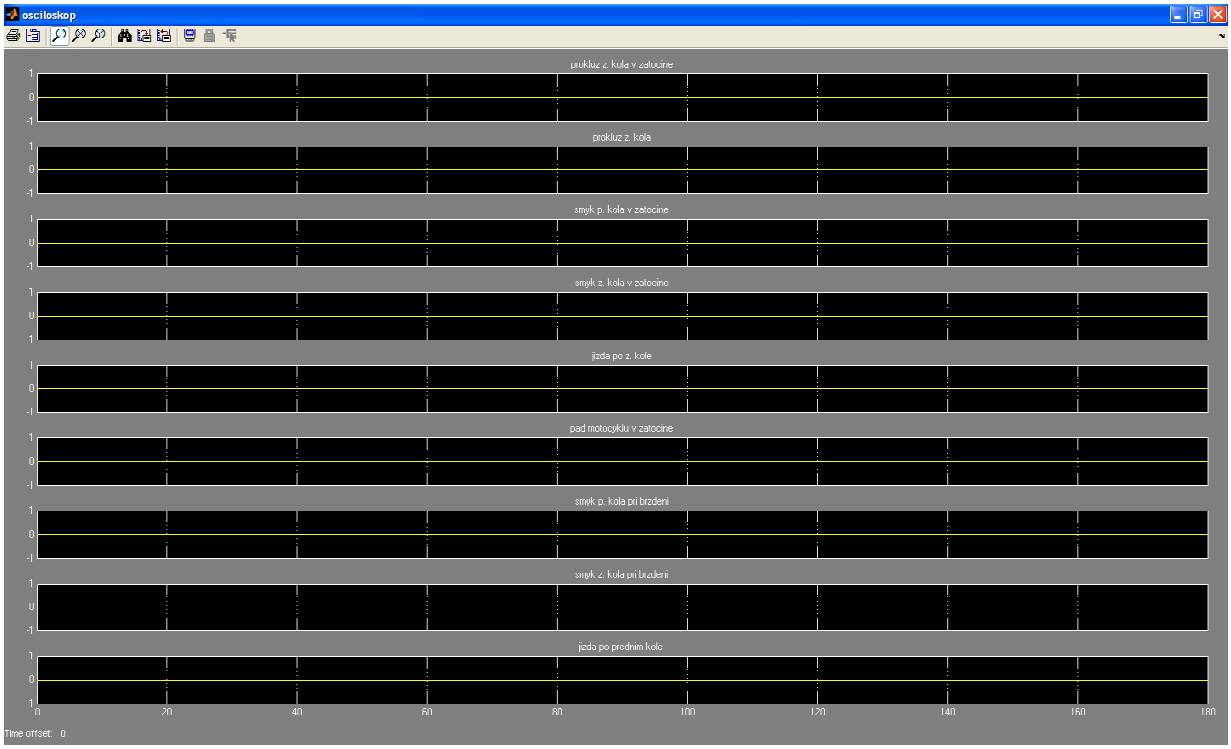
- prokluz zadního kola v zátočině
- prokluz zadního kola
- smyk předního kola v zátočině
- smyk zadního kola v zátočině
- jízda po zadním kole
- pád motocyklu v zátočině
- smyk předního kola při brzdění
- smyk zadního kola při brzdění
- jízda po předním kole



Obr. 6-6b) dokonalý řidič, navržený systém zapnutý (dle kap. 6.3.2)



Obr. 6-6 c) řidič s chybami, navržený systém vypnutý (dle kap. 6.3.3)



Obr. 6-6 d) řidič s chybami, navržený systém zapnutý (dle kap. 6.3.4)

Obr. 6-6a), b), c), d) Vzniklé nebezpečné situace

Odečtení hodnot z osciloskopu vyobrazeného na obr. 6-6 c) je shrnuto v tab. 6-1

Časový rozsah [s]	Prokluz z. kola v zát.	Prokluz z. kola	Smyk p. kola v zát.	Smyk z. kola v zát.	Jízda po z. kole	Pád moto v zátočině	Smyk p. k. při brzd.	Smyk z. k. při brzd.	Jízda po p. kole
1-11		×							
43-44								×	
58-60							×		
79-82				×					
106-113						×			
119-122			×						
127-129	×								
149-152					×				
175-180									×

Tab 6-1 Časové údaje osciloskopu dle obr. 6-6c)

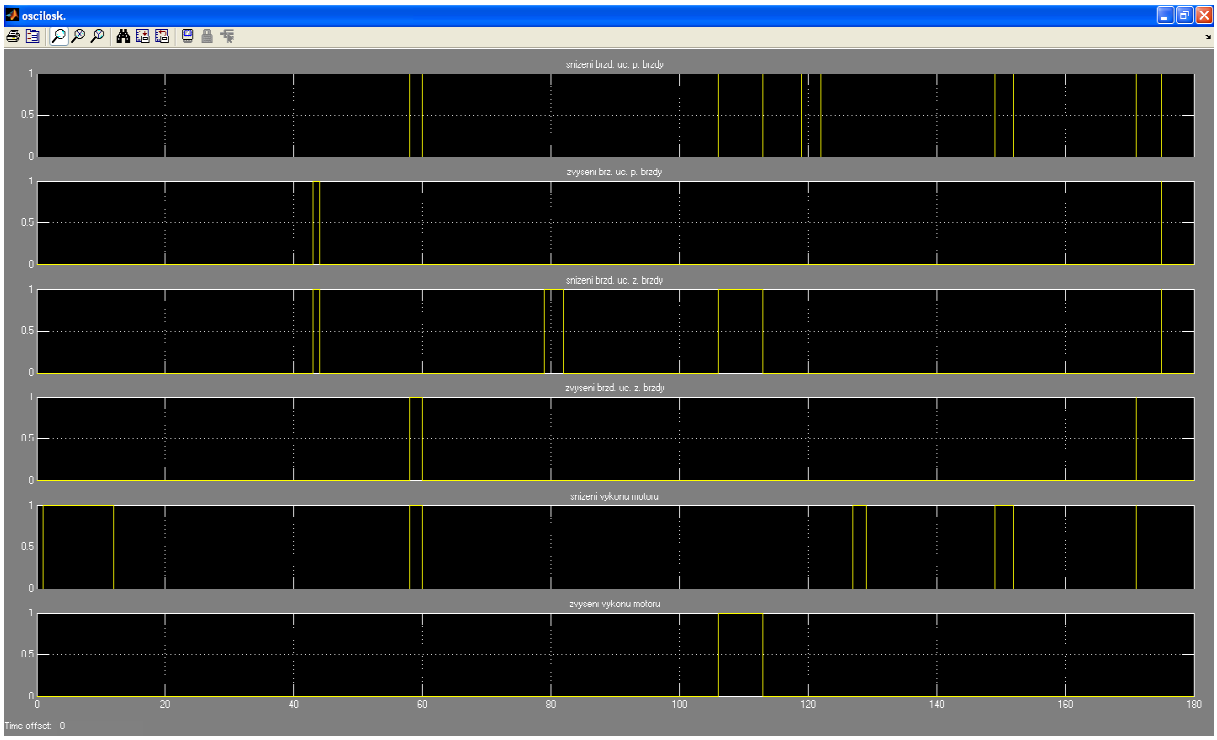
Je-li zvolen řidič s chybami, dochází vlivem navrženého systému k regulaci parametrů motocyklu. (viz. obr. 6-7)

Změna stavu z hodnoty 0 na stav hodnoty 1 zobrazuje regulovaný parametr, vertikální osa znázorňuje změnu stavu, horizontální osa je osa časová

Popis jednotlivých grafů osciloskopu postupně shora dolů:

- snížení brzdného účinku přední brzdy

- zvýšení brzdného účinku přední brzdy
- snížení brzdného účinku zadní brzdy
- zvýšení brzdného účinku zadní brzdy
- snížení výkonu motoru
- zvýšení výkonu motoru



Obr. 6-7 Regulované parametry

Odečtením hodnot osciloskopu vyobrazeného na obr. 6-7 je shrnuto v tabulce 6-2

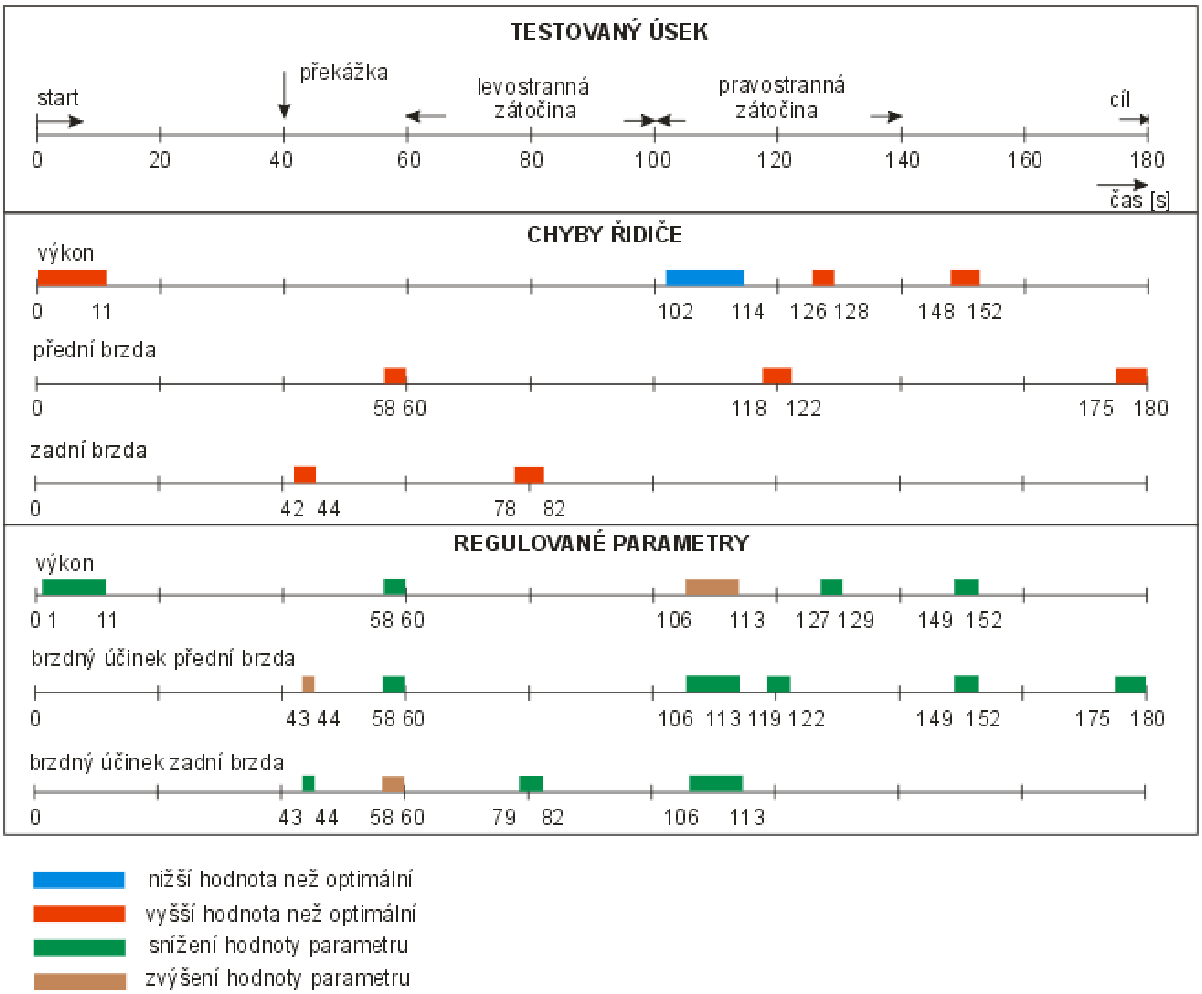
Časový rozsah [s]	Snížení brzdného účinku přední brzdy	Zvýšení brzdného účinku přední brzdy	Snížení brzdného účinku zadní brzdy	Zvýšení brzdného účinku zadní brzdy	Snížení výkonu motoru	Zvýšení výkonu motoru
1-11					×	
43-44		×	×			
58-60	×			×	×	
79-82			×			
106-113	×		×			×
119-122	×					
127-129					×	
149-152	×				×	
175-180	×					

Tab. 6-2 Časové údaje osciloskopu dle obr. 6-8

Grafické znázornění regulovaných parametrů na časové ose při chybách řidiče shrnuto z tabulky 6-1 a 6-2 je na obrázku 6-8.

Z obr. 6-8 je patrné, že dochází-li k chybě řidiče, je systémem vyhodnocena chyba, na kterou patřičně reaguje navržený systém a reguluje chybu řidiče vhodným parametrem.

Zpoždění vyplývající z obr. 6-8 může být dáno například nevhodnou diskretizací signálů, nastaveným krokem simulace, nastavenou hodnotou konstant vstupující do vyhodnocovacích zařízení v řídícím bloku apod.



Obr. 6-8 Grafické znázornění regulovaných parametrů na časové ose při chybách řidiče

Ověřením všech čtyř možností simulačního modelu dle kapitoly 6.3 je ověřena funkčnost modelu, a především funkčnost navrženého systému dle kapitoly 5.2. Hlavním cílem simulace bylo odzkoušení algoritmu řídícího bloku a bloků pro zpracování signálů, kdy po odzkoušení je funkčnost zaručena.

Při ověřování je počítáno s jednou nastavenou hodnotou teploty ovzduší a přilnavosti pneumatiky. Tyto hodnoty nastavení můžeme měnit, systém bude pracovat neustále správně. Například pokud nastavíme hodnotu teploty ovzduší na hodnotu 0 (0°C) a spustíme simulaci, bude výsledkem častější nebezpečná situace zvaná prokluz zadního kola či prokluz zadního kola v zátočině. To je dáno tím, že čím užší teplota ovzduší, tím nižší teplota pneu a tím nižší její přilnavost k vozovce. Naopak, zvýšíme- li hodnotu teploty ovzduší na hodnotu 40 (40°C) nastane namísto nebezpečné situace prokluz zadního kola jiná nebezpečná situace a to jízd po zadním kole. Stejně tak budeme-li měnit hodnoty přilnavosti povrchu vozovky.

7 SHRNUTÍ

Analýzou vlivů jednotlivých jezdeckých chyb na nebezpečnou jízdu či pády při řízení motocyklu na stanoveném obecném úseku, na kterém se vyskytují běžné situace v silničním provozu bylo vyhodnocenou, že může dojít k devíti nebezpečným situacím:

- jízda po zadním kole
- prokluz zadního kola
- smyk zadního kola při brzdění
- smyk předního kola při brzdění
- jízda po předním kole
- smyk zadního kola v zátočině
- smyk předního kola v zátočině
- pád motocyklu v zátočině
- prokluz zadního kola v zátočině.

Rozborem těchto nebezpečných situací se jednotlivě k nim přiřadil vliv výkonu motoru a brzdného účinku. Aby byly jednotlivé nebezpečné situace správně vyhodnoceny, byly na motocykl navrženy senzory snímající osm parametrů motocyklu:

- otáčky předního kola
- otáčky zadního kola
- rychlost motocyklu
- náklon motocyklu do strany
- náklon motocyklu předo-zadní
- stranové posunutí předního kola
- stranové posunutí zadního kola
- horizontální posunutí

Jednotlivé parametry bylo potřeba snímat tak, aby byl zaručen minimální počet senzorů, jejich minimální rozměr, přesnost, citlivost, energetická nenáročnost, nezávislost na okolních podmínkách. Celkem bylo vybráno šest senzorů z toho dva na přední část motocyklu a čtyři na zadní část motocyklu a pouze založených na třech principech:

- indukční snímač otáček (pro přední i zadní kolo) – osvědčený způsob celou řadu let využívaný v systémech ABS
- akcelerometry (pro rychlost, stranové posunutí kol a horizontální zrychlení přední části) – spolehlivý způsob využívaný hlavně v modelářství a robotice
- optimetry (pro měření náklonu motocyklu a zdvihu zadního kola)- největší slabina navrženého systému kvůli možnému znečištění.

Zmíněná slabina navrženého systému by se dala při zachování principu odstranit vhodným deflektorem před snímačem, což ovšem nezaručí 100% nezávislost na možném znečištění. Dalším možným způsobem jak tuto slabinu navrženého systému odstranit je použitím jiného principu snímání vzdálenosti. Každý princip má svého výhody a nevýhody. Proto dalším možným způsobem jak tuto slabinu potlačit je zvolení jiného způsobu snímání náklonu, ovšem s ohledem na nutnou podmínku a tou je relativní snímání náklonu vůči povrchu vozovky.

Ná základně snímaných veličin byla navržena koncepce řízení výkonu motoru a brzdného účinku a to hlavně jejich vzájemným porovnáváním, jejich vzájemnou vazbou,

podmínkami a vyhodnocováním. Podařilo se tím navrhnout systém, který je nezávislý na okolních podmínkách.

K odzkoušení navrženého systému bylo použito programové prostředí mimo jiné pro počítačové simulace MATLAB verze 7.1 s nadstavbou Simulink pro modelování dynamických systémů. Pomoci tohoto prostředí byl vytvořen model motocyklu, model řidiče a model navrženého systému včetně snímačů. Hlavním cílem bylo ověřit algoritmy, podle nichž byly zpracovávány signály ze snímačů k tvorbě potřebných signálů pro další řídící funkci systému a pro potřebné zásahy do útrob motocyklu k potlačení jezdeckých chyb. Právě touto simulací byly navržené algoritmy ověřeny.

Přílohu této diplomové práce tvoří právě zmíněná simulace, se kterou si můžeme odzkoušet jednotlivé situace, můžeme měnit profil tratě, profil řidiče, teplotu ovzduší, přilnavost povrchu v kterémkoli úseku testovací tratě.

Při návrhu řídicího systému byla velká pozornost věnována řešení specifických požadavků právě pro nejrozšířenější druh motocyklu a to silniční sportovní. Pro dosažení tohoto cíle bylo zapotřebí vzít v úvahu zejména specifické vlastnosti těchto motocyklů. Systém navíc nenarušuje sportovní jízdu a jeho hlavním cílem je umožnit jezdci, aby si zachoval plnou kontrolu nad svým strojem.

V současné době světový výrobci motocyklů podobné systémy testují na závodních speciálech motocyklů GP, ovšem svůj klíč k dokonalosti motocyklu drží řádně pod pokličkou. Na prvních sériově vyráběných strojích se vyskytuje například systém KIMS (Kawasaki Ignition Management System) na motocyklu Kawasaki ZX10R. Tento systém je pouze kotrola trakce založená na srovnávání *rpm* a rychlosti motocyklu. Jedním z dalších podobných systémů vyrobila firma BMW, která je jakýmsi průkopníkem systému ABS pro motocykly. Také systém této zvučné značky je pojmenován jako BMW Integral ABS, které pomáhá získat optimální odezvu brzd a tím pomáhá zvyšovat motocyklovou bezpečnost, čímž přichází s s modelově diferencovanou, dynamickou adaptivní distribucí brzdné síly.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Novák, P.; *Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení*. BEN, 2005. 256s. ISBN 80-7300-141-1.

[2] Martinek, R.; *Senzory v průmyslové praxi*. BEN, 2004. 200s. ISBN 80-7300-114-4.

[3] Kreidl, M., Šmíd, R.; *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*. BEN, 2006. 406s. ISBN 80-7300-158-6.

[4] BALÁTĚ, J.; *Automatické řízení*. BEN, 2003. 663 s. ISBN 80-7300-020-2.

[5] ŠVARC, I. & ŠEDA, M. & VÍTEČKOVÁ, M.; *Automatické řízení*. Akademické nakladatelství CERM, VUT v Brně, 2007. 333s. ISBN 80-01-03007-5.

[6] ĎAĎO, S.; KREIDL, M.; *Senozory a měřící obvody*, Vydavatelství ČVUT, Praha 1999.

[7] ZEHNULA, K.: *Čidla robotů*, SNTL, Praha 1990. 370s. ISBN 80-03-00563-9.

[8] KARBAN, P.; *Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink.* Computer Press, 2006. 224s. ISBN 978-80-251-1448-3.

[9] HALLIDAY, D., RESNICK R., WALKER, J.; *Fyzika: Část 1- Mechanika.* VUTIUM a PROMETHEUS Praha, 2001.327s. ISBN 80-214-1869-9.

[10] SUCHÝ, P.; *Každý dvanáctý* [online] 2007. 20. 7. 2007 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: <http://www.automotorevue.cz/moto/technika/kazdy-dvanacty.html>.

[11] Publikace Ministerstva vnitra; *iBESIP: Dopravní nehody motocyklistů za období leden – červenec 2008* [online]. 2009 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/350_Dopravni-nehody-motocyklistu-za-obdobi-leden-cervenec-2008?Css=no>.

[12] DUCHÁČEK, J.; *Ducati 999 vs Honda CBR 1000RR* [online] 2006. 2. 1. 2006 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: < http://www.motorkari.cz/clanky/redakcni-testy/ducati/ducati-999-vs-honda-cbr-1000rr-3431.html>.

[13] Sdílení fotografií: *Stoppie* [online] [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/rhphotos12/2494325030/in/pool-carmotor>.

[14] PICTURE GALLERY: *Mighty Mick Doohan. Nuff said* [online]. 2009 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: <http://hibernia.jakma.org/~paul/doohan-slide.jpg>.

[15] Katalog FRO Autodoplňky; *Snímač ABS L přední – OCT* [online]. 2006 [cit. 2009-02-12]. Dostupné z: <http://www.autodoplnkyfro.cz/snímač-abs-l-přední-ost-p-4889.html>.

[16] OMEGA Engineering- technická reference, *Akcelerometry- měřiče zrychlení* [online]. [cit. 2009-02-15]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/prodinfo/Accelerometers.html>.

[17] Akcelerometr [online]. [cit. 2009-02-15]. Dostupné z: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/sz/pdfs/uloha14.pdf>.

[18] FYZMATIK; *Gyroskop* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/76205-gyroskop.html>.

[19] Katalog AQUAMID s.r.o.; *HG-5000 gyro se servem HSG-5083MG* [online] 2009 [cit. 2009-02-12]. Dostupné z: <http://www.helimania.cz/Default.aspx?tabid=119&CategoryID=247&List=1&SortField=&Level=a&ProductID=2523>.

[20] ŠAFAŘÍK, M.Odborné časopisy. *Optoelektronické senzory pro bezdotykové měření vzdálenosti* [online] 2009 [cit. 2009-02-16]. Dostupné na WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33455.

[21] NOVOTNÝ, V.; *Poslední test Ducti 1098* [online]. 2009 [cit. 2009-02-25]. Dostupné z: <http://www.motorkari.cz/clanky/redakcni-testy/ducati/posledni-test-ducati-1098-13309.html>.

[22] BABČANÍK, J.; *Jak funguje GPS* [online]. 2006 [cit. 2009-02-26]. Dostupné z. <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/ART1634-Jak-funguje-GPS.html>.

[23] Katalaog MIKRO-EPSILON CYECH REPUBLIC; *optoNCDT 1700: Kompaktní snímače vzdálenosti laserové triangulace* [online]. 2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupné z: <http://www.micro-epsilon.cz/products/displacement-position-sensors/optoNCDT_ILD/optoNCDT_1700_basic/index.html>.

[24] Nové BMW Integral ABS [online]. 2009 [cit. 2009-03-28]. Dostupné z: <http://motomohelnice.cz/bmwabs.htm>.

Přílohy:

CD nosič obsahující soubory:

- *diplomova_práce.pdf* - kompletní text diplomové práce
- *dp_prakticka_cast.mdl* – praktická část diplomové práce v prostředí Matlab-Simulink