

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Model riadenia ABS**

**ABS Control Model**

Vedúci bakalárskej práce: doc. Ing. Kočí Petr, Ph.D.

Poslucháč: Patrik Urban

Dátum odovzdania práce: 23. 5. 2011



### **Pod'akovanie**

Ďakujem doc. Ing. Kočímu Petrovi, Ph.D. za odborné a metodické vedenie, ktoré mi poskytol pri vypracovávaní bakalárskej práce.

## Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave :.....

.....

Celé meno študenta

## Prehlasujem, že

- bol oboznámený s tým, že na moju diplomovú (bakalársku) prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. – autorský zákon, najmä §35 – použitie práce v rámci občianskych a náboženských obradov v rámci školských predstavení a použite ako školskej práce a §60 – školská práca.
- beriem na vedomie že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo neziskovo, ku svojej vnútornej potrebe diplomovú (bakalársku) prácu použiť (§35 odst. 3).
- Súhlasím s tým, že jeden výtlačok diplomovej (bakalárskej) práce bude uložený v Ústrednej knižnici VŠB-TUO k prezenčnému nahliadnutiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej (bakalárskej) práce. Súhlasím s tým, že údaje o diplomovej (bakalárskej) práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- Bolo dohodnuté, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením používať prácu v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bolo dohodnuté, že použiť svoju prácu – diplomovú (bakalársku) prácu, alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takomto prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie práce vynaložené(až do plnej výšky).
- Beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov(zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave:.....

Patrik Urban

Dolné Hámre 282

96661, Hodruša - Hámre

## **Anotácie bakalárskej práce**

Urban, P.: *Model řízení ABS* Ostrava: kat. ATR – 352 VŠB-TUO, 2011. 47 s. Bakalárska práca, vedúci: doc. Ing. Kočí Petr, Ph.D.

Práca hovorí o rôznych typoch bŕzd ich výhodách a nevýhodách, vysvetľuje základne princípy brzdových a bezpečnostných subsystémov v automobile. Cieľom práce je objasniť funkciu a reakcie protiblokovacieho systému v súčasných automobiloch. Úvodná časť obsahuje popis elektronickej jednotky a rôzne modifikácie zapojenia systému, spôsobujúce zmenu správania pri brzdení. V ďalšej časti je rozpísaný návrh výučbového modelu slúžiaceho na overenie teoretických poznatkov v praxi. V závere práce je spravený rozbor jednotlivých simulácií vychádzajúcich z pohybových rovníc alebo z demo modelu. Tieto simulácie boli základom pre rozbor pulzov vychádzajúcich zo senzora kolesa. Práca je ukončená zhodnotením simulácií. Celkový text je zhotovený v publikovateľnej forme a bude využívaný ako študijná pomôcka.

## **Annotation of bachelor thesis**

Urban, P.: *ABS Control Model*. Ostrava: Dept. Of Control Systems and Instrumentation – 352 VŠB-TUO, 2011. 47 p. Bachelor Thesis, Supervisor: doc. Ing. Kočí Petr, Ph.D.

This project contains an information about various types of the brakes, their advantages and disadvantages, explains basic principles of breaking a safety systems in vehicle. The goal is to explain function and reactions of the antiblocking system in present vehicles. In the first part of the project, there is description of an electronic device and various modifications of plugging the system, causing change of behavior during the breaking phase. In the next part, there is model of educational device, used to confirm theoretical data in reality. In the final part, there is analysis of the simulations based on movement equations or a demo model. These simulations were critical for the analysis of pulses coming out of the sensor of the wheel. The project is concluded with summary of the simulations. Text in the project is written in the publishing form and can be used for educational purposes.

## Obsah

Zoznam použitých skratiek a symbolov .....	9
1 Úvod .....	10
2 História .....	11
2.1 História bŕzd .....	11
2.1.1 Pásové brzdy .....	13
2.1.2 Bubnové brzdy .....	13
2.1.3 Kotúčové brzdy .....	14
2.1.4 Elektronická klinová brzda .....	14
2.1.5 Elektro-hydraulická brzda .....	16
3 Systém ABS .....	18
3.1 Varianty .....	18
3.2 Modulácia brzdového tlaku .....	19
3.3 Činnosť riadiacej jednotky 4 kanálového zariadenia .....	22
3.4 Rozšírenia .....	25
3.4.1 ABS s elektronickým rozdeľovačom brzdnej sily EBD .....	25
3.4.2 Brzdový asistent .....	25
3.4.3 Protipreklzový systém ASR .....	27
3.4.4 Elektronicky stabilizačný systém ESP .....	28
4 Konštrukčný model systému ABS .....	30
4.1 Celkový pohľad na výučbový model .....	30
4.2 Simulácia vozovky .....	32
4.3 Kotúčová brzda .....	32
4.4 Prítlak kolesa s vozovkou .....	33
4.5 Senzory .....	34
5 Rozbor návrhu riadenia modelu ABS .....	36
5.1 Simulačná schéma .....	36

5.2	Simulácia na ideálnej vozovke.....	38
5.3	Simulácia brzdzenia za zhoršených podmienok .....	40
5.4	Závislosť pulzov.....	42
6	Záver.....	45
	Zoznam použitej literatúry .....	46
	Zoznam príloh.....	47



## Zoznam použitých skratiek a symbolov

<b>ABS</b>	<i>Anti-lock Braking System – Proti blokovací systém</i>
<b>ASR</b>	<i>Acceleration Slip Control – Protipreklzová regulácia</i>
<b>BAS</b>	<i>Brake Assist System – Brzdový asistent</i>
<b>BBW</b>	<i>Brake by Wire – Brzdy po drôte</i>
<b>EBD</b>	<i>Electronic Brake Distribution – Elektronické rozdeľovanie brzdnych síl</i>
<b>ESP</b>	<i>Electronic Stability Program – Elektronický stabilizačný program</i>
<b>EWB</b>	<i>Electronic Wedge Brake – Elektronická klinová brzda</i>
<b>IR</b>	<i>Individuálna Regulácia</i>
<b>MIR</b>	<i>Modifikovaná Individuálna Regulácia</i>
<b>SBC</b>	<i>Sensotronic Brake Control – Elektronický Hydraulický Systém</i>
<b>SL</b>	<i>Select Low – Výber kolesa s menším súčiniteľom adhézie</i>

# 1 Úvod

Prvým krokom je preštudovanie vlastností jednotlivých typov bŕzd, brzdových systémov, ich postupné začlenenie do sériovej výroby a následné vyvíjanie podporných subsystémov zvyšujúcich efekt a kvalitu pri brzdení vozidla.

Medzi podporné subsystémy podporujúce kvalitu brzdzenia patrí antiblokovací systém, elektronický stabilizačný systém, proti preklzový systém, ktorý je používaný pri rozbehu vozidla, dôležitými systémami pre antiblokovací systém sú brzdový asistent a elektronický rozdeľovač brzdnej sily.

Antiblokovací systém ABS prešiel od svojho uvedenia na trh do dnešnej doby rozsiahlym a zložitým vývojom, čo viedlo k veľmi prepracovanej technike bez ktorej by sme si nevedeli automobil dnes ani predstaviť. Jeho úlohou je vyregulovať odchýlku skľuzu pri brzdení tak aby nedošlo k zablokovaniu kolesa. Systém môže byť v rôznych v modifikáciách, ktoré treba pri simulácii alebo jazde na vozovke zohľadniť. V jednoduchom teoretickom rozbere som mohol zistiť jeho silné - slabé stránky, aspekty vplývajúce na kvalitu odchýlky.

Ďalšie dôkladné preštudovanie teórie mi dá základ a viac možností vytvoriť jednotlivé simulačné rovnice, ktorých simulovanie bude v programe Matlabe-Simulink. Výsledné simulačné priebehy budú porovnávané a následne vyhodnocované z poznatkov získaných z výučbového modelu.

Pre vytvorenie univerzálneho výučbového modelu, bude treba sa naučiť základy programu PRO/ENGINEERING. Modelom budú odsimulované jednotlivé priebehy nie len pre jedno koleso ale aj pre celé vozidlo základom čoho je použitie 2 senzorov počítajúcich referenčnú rýchlosť vozidla.

## 2 História

Skôr ako mohol vzniknúť akýkoľvek dopravný prostriedok, muselo byť vynájdené koleso a o to sa postarali Sumeri. To bol základ pre koč, ktorý využívali v tej dobe šľachtici. Pod prvý pokus vzniku automobilu, môžeme označiť princíp mechanického autíčka, ktorý nám predstavil Leonardo da Vinci. S vývojom vozidiel úzko súvisel vývin brzd.

### 2.1 História brzd

Brzdy sú dôležitým komponentom v dopravných prostriedkoch. Prešli rozsiahlym vývojom aby spĺňali kritéria bezpečnosti. Za prvú zmienku brzdy môžeme spomenúť brzdu, ktorá sa nachádzala na voze. Brzdu stačilo zatiahnuť a voz sa zastavil. Takéto brzdenie stačilo kým sa koč pohyboval nízkou rýchlosťou.

Dnes ich môžeme začleniť do troch skupín, podľa ich úloh:

#### 1. Podľa konštrukčného ústrojenstva

- a. Pasové – Sila pri brzdení je prenášaná pomocou pasu na ktorom sú upnuté brzdové doštičky.
- b. Kotúčové – Brzdnú silu vytvára prítlačná sila pôsobiaca na kotúč.
- c. Bubnové – Brzdnú silu vytvára roztláčacia sila pôsobiaca na bubon.

#### 2. Podľa sily prenosu

- a. Mechanické - Pôsobia na brzdový element pomocou prevodového mechanizmu.
- b. Kvapalinové - Brzdová sila sa vytvára pomocou zvyšovania hydraulického tlaku v hlavnom brzdovom valci.
- c. Vzduchové - Kompresor natlačí vzduch cez regulátor tlaku a poistný ventil do vzduchojemu, z kadiaľ je privádzaný do hlavného brzdiča.
- d. Elektronická klinová brzda – Prenos sily na kotúč pomocou rýchlych krokových motorov.

- e. Elektronická hydraulická brzda – Prenos sily na kotúč je hydraulicky s pomocou elektronickej regulácie slúži na výpočet tlaku použitého k brzdeniu.

3. Podľa použitia v prevádzke:

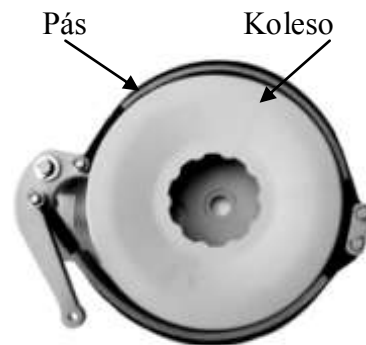
- a. Prevádzkové - Slúžia na zastavenie vozidla pri akejkoľvek rýchlosti a hmotnosti.
- b. Núdzové - Zaisťujú bezpečnosť v prípade núdzového brzdenia pri zlyhaní prevádzkových brzd
- c. Zaisťovacie - Ich úlohou je udržať vozidlo v pokojnom stave pri akýchkoľvek podmienkach

Brzdy ako hlavný člen aktívnej bezpečnosti, sú základom každého automobilu ale ako ostatné komponenty sú ovládané reakciami vodiča. Ten nemôže v nebezpečnej situácii ako je vlhká vozovka, nebezpečenstvo šmyku zasiahnuť, tak aby výsledkom bola ideálna brzdná dráha s maximálnou ovládateľnosťou. Na podporu v týchto situáciách boli vyvinuté podporné subsystemy:

1. ABS - Proti blokovací systém, sleduje pohyb kolies počas brzdenia. Ak by malo prísť k zablokovaniu kolies na vozidle, tak znižuje brzdnú silu aby neprišlo k šmyku vozidla.
2. ASR - Proti preklzový systém ktorého hlavnou úlohou je obmedziť krútiaci moment prenášaný na hnacie kolesá podľa aktuálnych sklzových podmienok vozovky.
3. ESP - Stabilizačný systém, riadi stabilitu vozidla znížením krútiaceho momentu bez akéhokoľvek vplyvu vodiča alebo pribrzdnením jednotlivých kolies.

### 2.1.1 Pásové brzdy

Pri vzniku Benzovho automobilu so spaľovacím motorom, ktoré dosahovalo maximálnu rýchlosť 12km/h, bolo treba brzdu dovtedy používanú na konských vozoch, prispôbiť tak aby mohla byť použitá na automobile. Brzdové strmene sú umiestnené na páse ktorý je obopnutý okolo predlohového hriadeľa na zadnej náprave. Pri zatahnutí brzdiacej páky sa pás so strmeňmi pritlačí k hriadeľu .

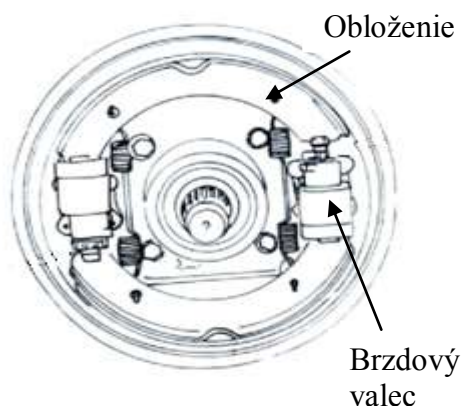


Obr. 1 Pásová brzda  
(zdroj: Harleymc.cz)

### 2.1.2 Bubnové brzdy

V roku 1902 sa tento druh dostal na trh automobilkou Renault (vid'. Obr. 2). Postupom času sa stali sériovou výrobou na všetkých kolesách.

Činnosť spočíva v tom, že brzdové strmene s pomocou rozpernej sily vytvorenej v brzdovom valčeku sa pritlačia o brzdový bubon pričom vzniká trenie a teplo. V tomto prípade je prítlačná sila vytváraná hydraulicky.



Obr. 2 Bubnová brzda  
(zdroj: samurai.terenaky.cz)

Sila môže byť vytvorená aj mechanicky za pomoci rozpernej páky, tento princíp využíva parkovacia a núdzová brzda.

Hlavnou výhodou tohto systému je zatvorenosť v brzdovom bubne - čím sú chránené pred nečistotami, ľahké spojenie s parkovacou brzdou, brzdové obloženie má dlhšiu životnosť ako pri kotúčových brzdách, jeho výmena jednoduchšia.

K nevýhodám patrí slabý odvod tepla vychádzajúci z dôvodu zatvorenosti systému, čo zapríčiňuje klesanie brzdového účinku.

### 2.1.3 Kotúčové brzdy

Zmienka o prvej kotúčovej brzdy (viď. Obr. 3) spadá do roku 1902 a jej autorom je Frederick Lancaster. Do prevádzky boli uvedené až na prelome 60., 70. rokoch 20. storočia. Dnes už sú sériovým výrobkom na predných nápravách.



Obr. 3 Kotúčová brzda  
(zdroj: Knott.sk)

Princíp tohto typu brzdy je presne opačný ako pri bubnových brzdách, brzdové strmene sa pritláčajú o kotúč a tým vzniká brzdové trenie a teplo, ktoré sa ľahšie dostáva do priestoru čo má za dôsledok lepšie chladenie.

Brzdový kotúč je vyrobený z teplovzdornej zliatiny, najčastejšie zo sivej liatiny alebo ocelo-liatiny. Materiál vhodný pre výrobu brzdových kotúčov, ktorý dobre znáša vysoké teploty a výdrží 300 000 km je keramika.

Medzi hlavné výhody patrí lepší odvod tepla, menšia hmotnosť, ľahšia montáž, vyššia účinnosť.

Nedostatkom tohto typu je rýchlejšie opotrebenia čelustí, potrebná väčšia pritlačná sila na brzdenie, náročná konštrukcia parkovacej brzdy.

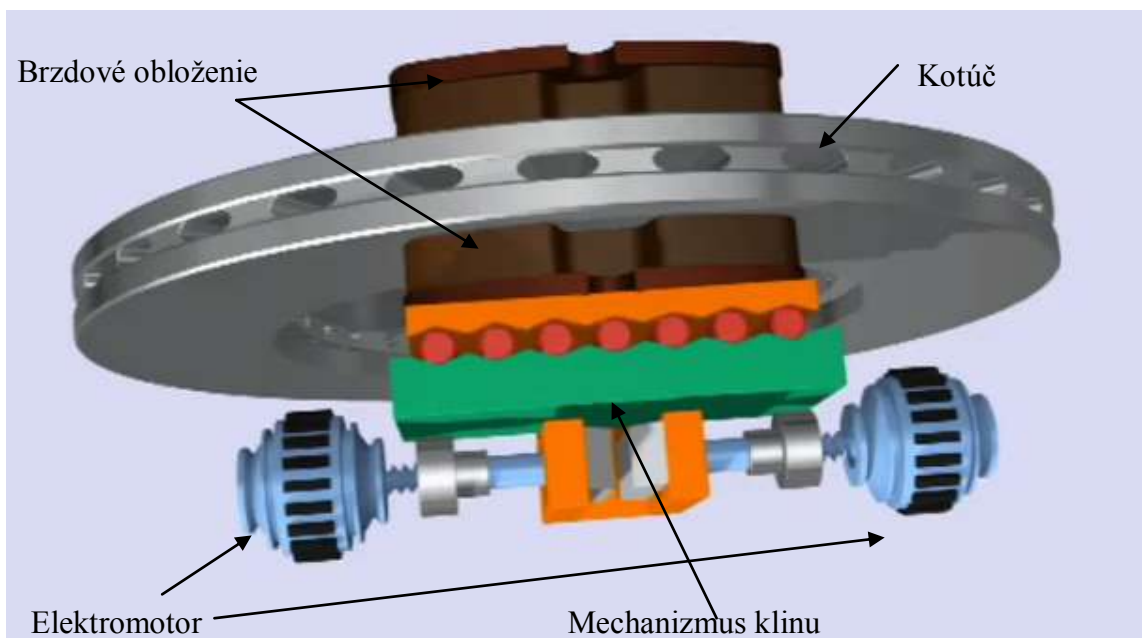
### 2.1.4 Elektronická klinová brzda

Pomenovanie vychádza z anglického slovného spojenia Electronic Wedge Brake (viď. Obr. 4).

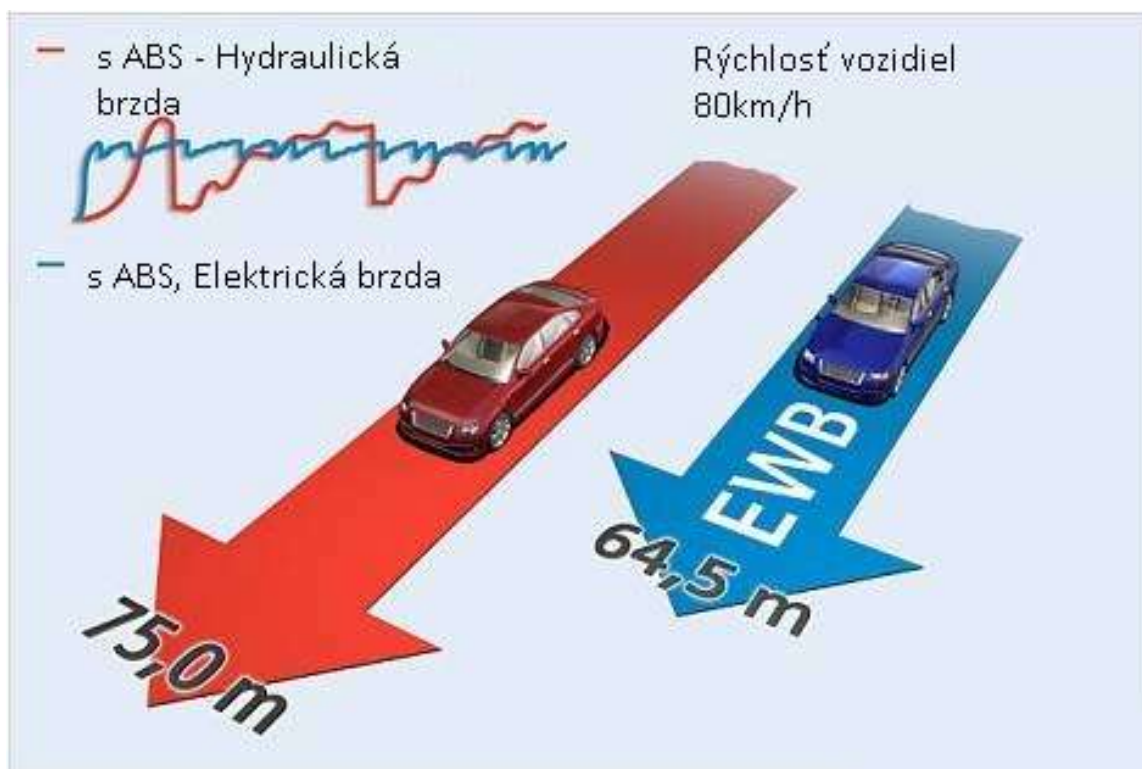
Tento koncept je zdokonalený, čím prišlo k zvýšeniu účinnosti, zníženiu reakčných časov v porovnaní s hydraulickou brzdou. Každé koleso je ovládané vlastnou elektronickou jednotkou. Klíny sa nachádzajú medzi strmeňmi a brzdovými doštičkami. Ovládané sú za pomoci rýchlych krokových motorov. V momente, keď vodič zatlačí na brzdový pedál sa aktivujú elektromotory, tie vyvolajú potrebný tlak na brzdového obloženia vtláčané medzi strmeň a kotúč.

Medzi ďalšie výhody môžeme zaradiť:

1. Kratšiu brzдовú drahú (vid Obr. 5)
2. Ľahšiu údržbu
3. Väčšiu spoľahlivosť
4. Nižší odber elektrickej energie

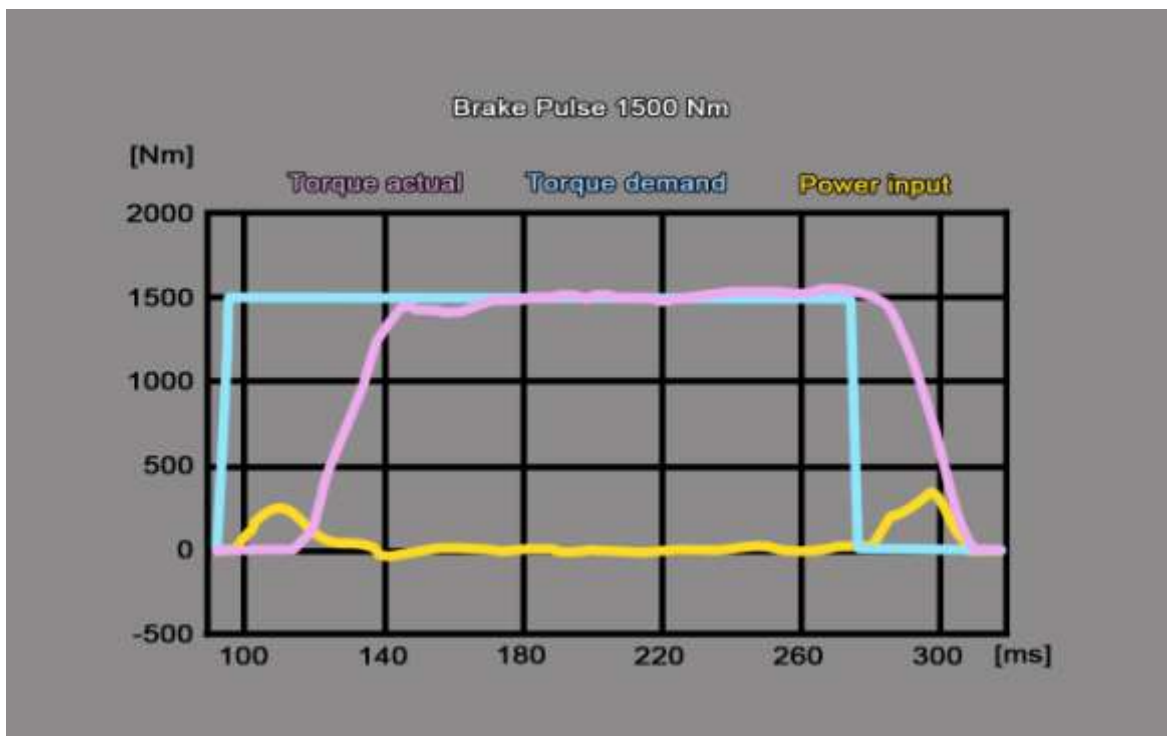


Obr. 4 Kotúčová brzda s EWB (zdroj: Autolexicon.net)



Obr. 5. Porovnanie brzdných dráh medzi hydraulickou a EWB brzdou (zdroj: Autolexicon.net)

Z nasledujúceho grafu (vid Obr. 6) môžeme vidieť, že aj s malým vstupným impulzom je možné vo výslednej forme dostať veľký brzdný moment, za krátky časový okamžik.



Obr. 6 Brzdová charakteristika (Torque demand) – požadovaná brzdná sila, (Torque actual) – brzdná sila aktuálna, (Power input) – vstupný impulz

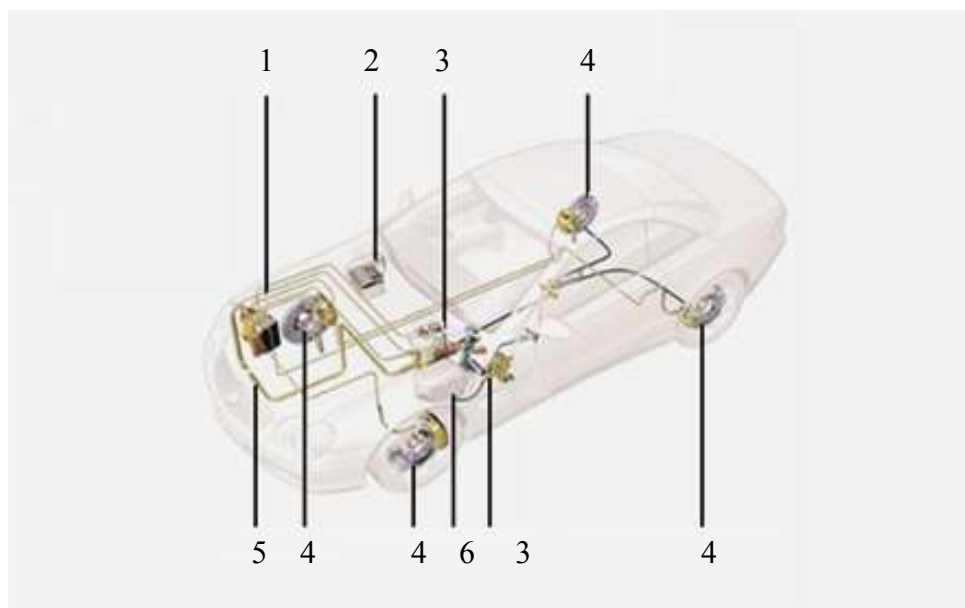
Sústava môže byť zapojená spôsobom s označením BBW (brake-by-wire). Takýto druh realizácie nám umožňuje ovládať každé koleso zvlášť, tým vyplýva že táto brzda vie realizovať činnosť antiblokovacieho systému ABS a elektronického stabilizačného systému ESP.

### 2.1.5 Elektro-hydraulická brzda

Systém (vid'. Obr. 7) je v celkovej sústave zaradený ako doplnok ABS s úlohou elektronicky regulovať brzdnú sústavu, čím sa má zvýšiť komfort a bezpečnosť brzdzenia. Pri aktívnej funkcii ABS nedochádza k žiadnym kmitom na pedáli pretože brzdnú silu riadi elektronika. Používa sa pri zapojení bŕzd BBW. Elektronika systému vypočíta zo získaného snímača na brzdom pedáli potrebný tlak k brzdzeniu pre jednotlivé kolesá. Brzdová kvapalina je rozvádzaná z vysokotlakového zásobníka kde sa nachádza vždy pod



tlakom 140 barov. Regulácia brzdy pre každého koleso osobitne je dôvodom, že v systéme je aplikovaná funkcia ESP a brzdového asistenta.



Obr. 7 Elektro-hydraulická brzdová sústava (zdroj: 500sec.com)

- Vysvetlivky:
  - 1 Elektro-hydraulická riadiaca jednotka
  - 2 Poistky
  - 3 Brzdový pedál
  - 4 Senzor otáčok
  - 5 Hydraulické rozvody
  - 6 Riadiaca jednotka tlaku

### 3 Systém ABS

Prvé zariadenie s úlohou aby počas brzdenia nedošlo k zablokovaniu kolies pochádza z roku 1908. J.E. Francis jeho autor však nenavrhol zariadenie pre automobily, ktorých doba mala ešte nastať, ale pre lokomotívy. Po čase sa na cestách začalo objavovať viac automobilov s dokonalejšou konštrukciou a preto sa dostal zariadenie do povedomia vedcov a technikov. Vedci skúmali jazdu brzdením s nezablokovanými kolesami. To všetko bolo dosiahnuté špeciálnou technikou jazdy tzn. prerušovaním brzdového pedála. Takto uzreli svetlo sveta prvé technické zariadenia, ktoré si nechal patentovať v roku 1928 Karol Wessel a neskôr v roku 1936 Robert Bosch. Žiadne zo zariadení sa nedostalo do sériovej výroby a tak sa na zariadenie, ktoré malo slúžiť zabráneniu blokovaniu kolies muselo počkať ešte niekoľko desiatok rokov. Firma Bosch začala viesť výskum protiblokovacích systémov založených na kombinácii elektroniky a mechaniky. Prvé proti blokacie systémy do automobilov ponúkla firma Mercedes-Benz a BMW v roku 1978 ako zvláštnu výbavu.

Systém vo svojom princípe má za úlohu, aby automobil alebo iný dopravný prostriedok na ktorom je ABS použité, pri brzdení na akomkoľvek povrchu zastavil v čo v najkratšom čase a s najväčšou možnou ovládateľnosťou. Tento systém prešiel rozsiahlym vývojom pri ktorom sa za hlavné ciele zdokonaľovania brali tieto body:

1. Pri brzdení musí byť zaistená stabilita a ovládateľnosť vozidla.
2. Musí byť zabezpečená čo najlepšia adhézia.
3. Rozpoznať aquaplaning a vhodne naň reagovať.
4. Bezpečnostné systémy musia neustále kontrolovať činnosť systému a pri poruche rozsvietiť kontrolku.

#### 3.1 Varianty

Od modelu ABS 2S, uvedeného na trh v roku 1978 sú konštrukčne oddelené hydraulický agregát a riadiaca jednotka. Trojkanálový hydraulický agregát rozdeľuje tlak medzi prednú a zadnú nápravu pomocou čerpadla poháňaného elektromotorom cez tri elektromagnetické ventily označením 3/3, ktoré môžu okrem bez prúdového stavu „zvýšenie tlaku“ nadobudnúť nasledujúce stavy „zachovanie tlaku“ a „zníženie tlaku“. Prevedenie ABS 5.0 je pokračovateľom vo vývoji. Na rozdiel od systému ABS 2S využíva

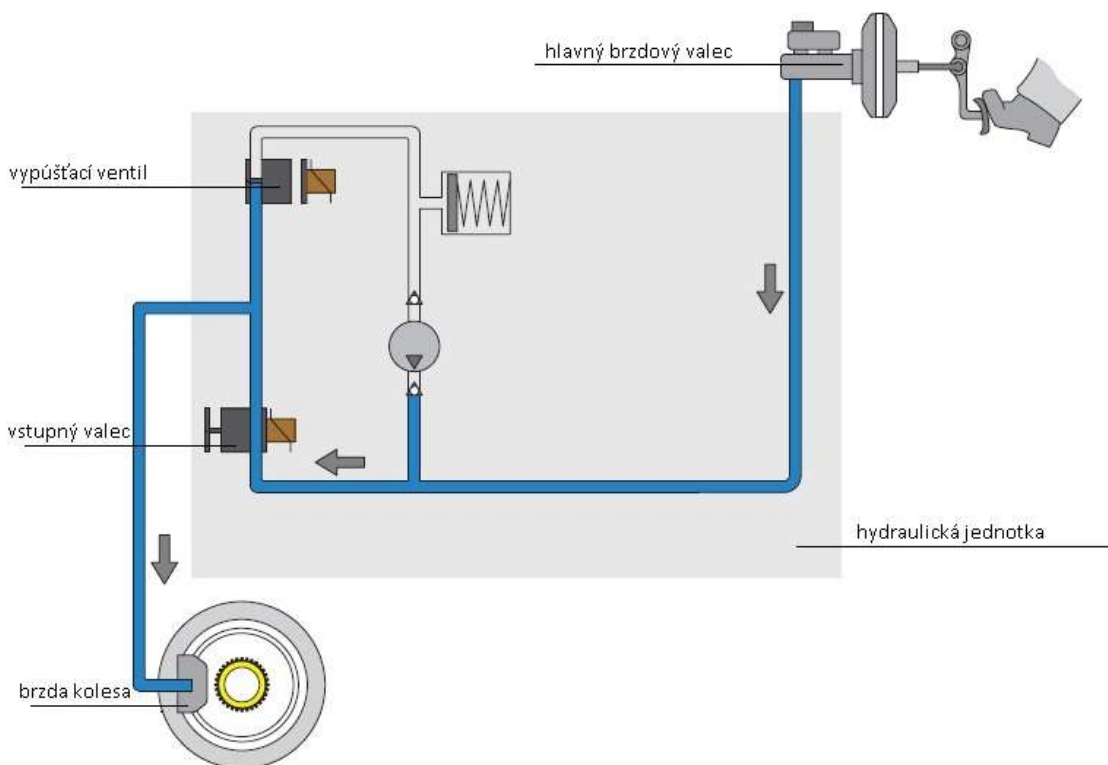
ventily 2/2 to znamená, že má dve hydraulické prípojky a dve polohy prepínania. U prevedenia ABS 5.3 tvoria hydraulicky agregát a elektronická jednotka jeden celok a ich najčastejšie umiestnenie je vo vozidlách s menšími brzdovými sústavami.

### 3.2 Modulácia brzdového tlaku

Pri systéme ABS2S si môžeme vysvetliť moduláciu brzdového tlaku. Elektronická jednotka rozpozná problém aktivuje príslušné elektromagnetické ventily pracujúce v troch stavoch:

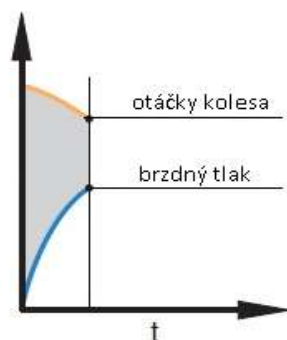
#### 1. Zväčšovanie tlaku

Pri prvom stlačení sa tlak, ktorý je potrebný k brzdeniu vytvorí v hlavnom brzdovom venci. Tlak (viď. Obr. 8) je prenášaný k brzde kolesa cez vstupný ventil (bez napätia), pričom vypúšťací ventil je uzatvorený (bez napätia).



Obr. 8 Zväčšovanie tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

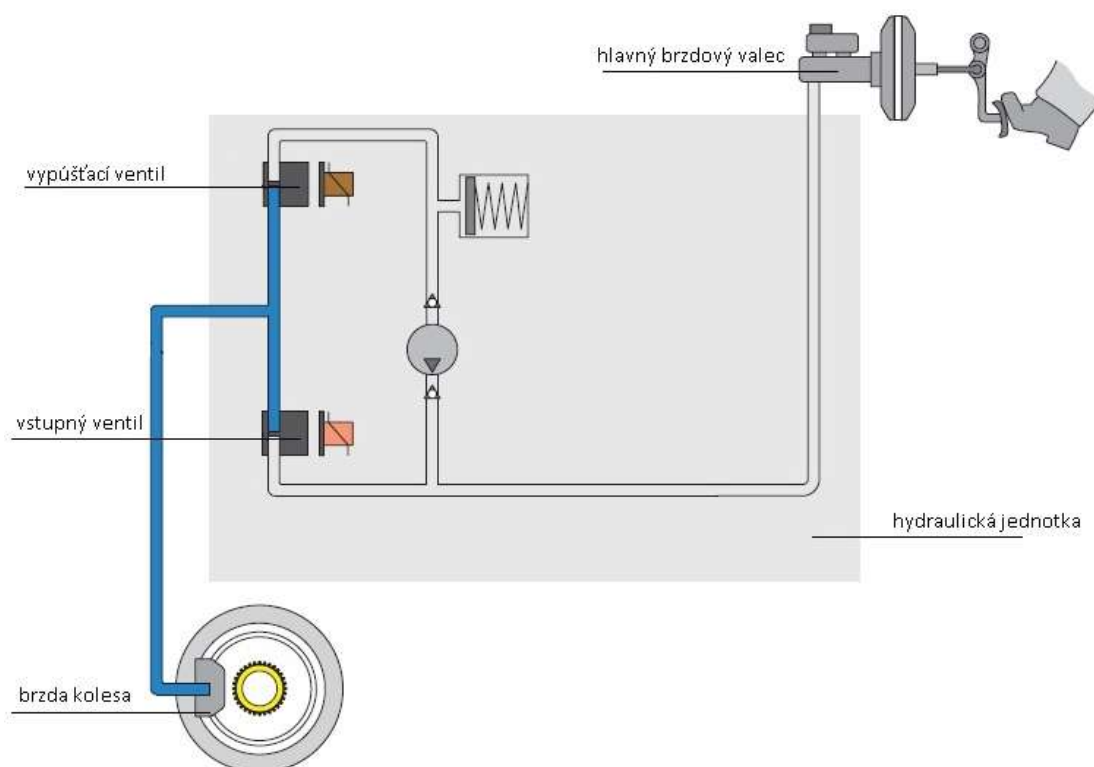
Zvyšovaním brzdového tlaku (viď. Obr. 9) v brzdovom okruhu dochádza k zníženiu otáčok kolesa na automobile.



Obr. 9 Graf priebehu otáčok kola a brzdneho tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

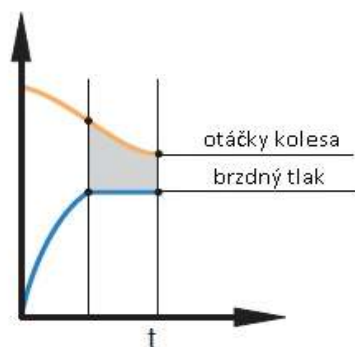
## 2. Udržovanie konštantného tlaku

Rozpoznaním stavu blokovania kola je nutné zabrániť ďalším zvyšovaním brzdiaceho tlaku (viď. Obr. 10). Vstupný ventil je uzatvorený privedením napätím. Vypúšťací ventil je aj naďalej uzatvorený (bez napätia).



obr. 10 Udržovanie brzdového tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

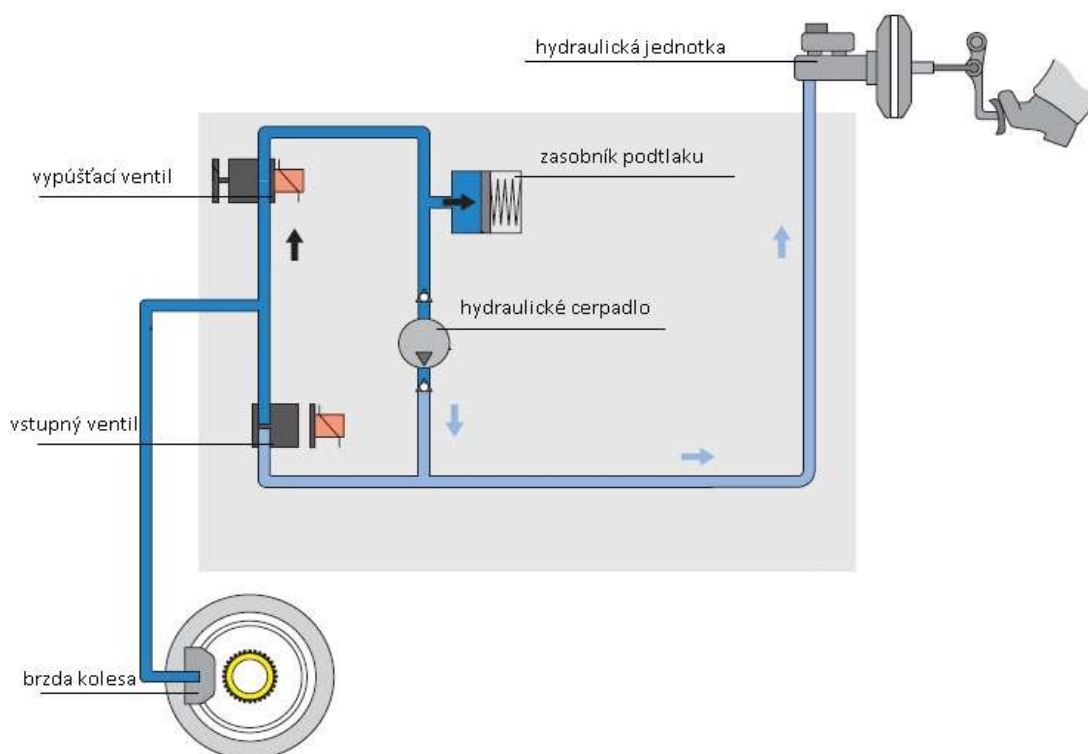
Tlak (viď. Obr. 11) medzi vstupným a vypúšťacím ventilom je konštantný, otáčky kola aj tak klesajú.



Obr. 11 Graf udržovanie brzdového tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

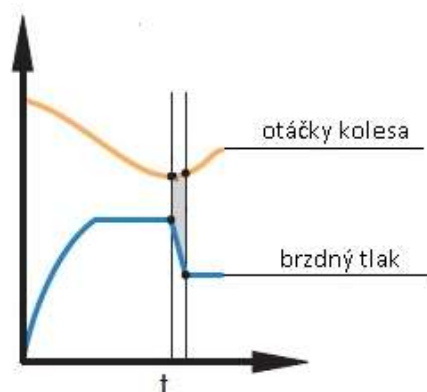
### 3. Znižovanie tlaku

Pretrváváním stavu (vid'. Obr. 11), pri ktorom dochádza k blokovaniu kola aj pri stálom brzdíacom tlaku, musí byť brzdový tlak znížený. Na vypúšťací ventil je privedené napätie a pomocou zásobníku podtlaku sa tlak v brzdovom systéme zníži. Hydraulické čerpadlo privedie brzdovú kvapalinu z podtlaku do hlavného brzdového valca. Brzdový pedál sa pri tejto situácii pohybuje smerom hore. Napätia na vstupnom ventile ponecháva ventil v uzavretom stave.



Obr. 12 Znižovanie tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

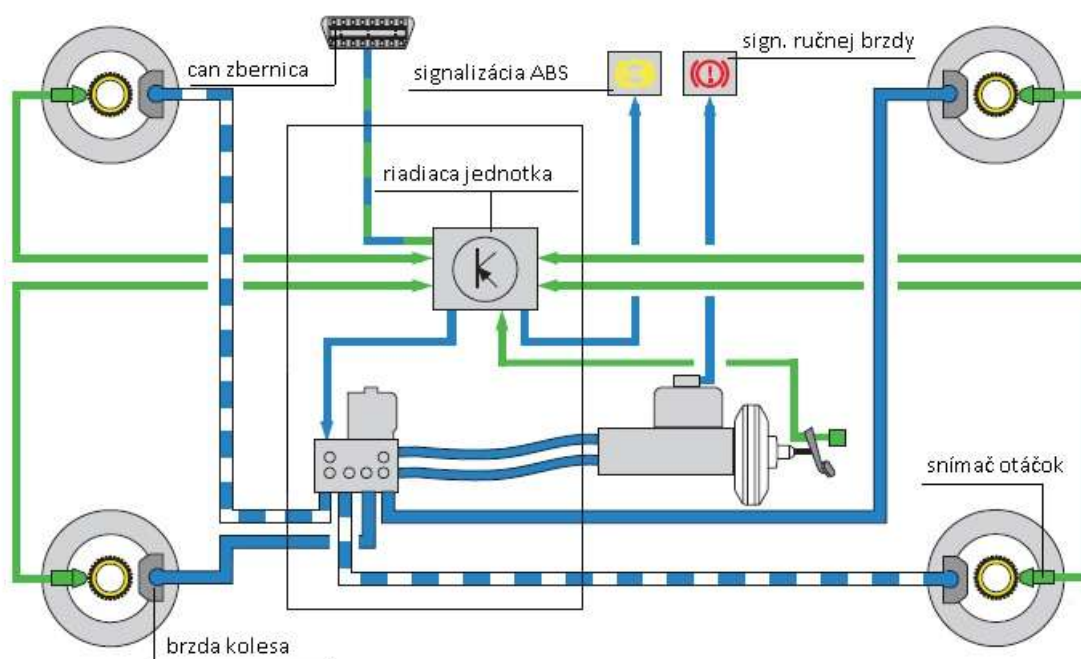
Po znížení brzdového tlaku (vid'. obr. 13), otáčky kola stúpili a koleso automobilu sa už nenachádza v blokovacom režime.



Obr. 13 Graf priebehu otáčok kola a brzdneho tlaku (zdroj: Škoda auto a.s.)

### 3.3 Činnosť riadiacej jednotky 4 kanálového zariadenia

Elektronická časť (vid'. Obr. 14) je zložená z dvoch nezávisle identických digitálnych komparátorov. Tie prijímajú paralelné hodnoty z dvoch príslušných kolies.



Obr. 14 Blokové rozloženie komponentov v automobile (zdroj: Škoda auto a.s.)

Prijaté hodnoty slúžia na výpočet sklzu kolies a uhlové zrýchlenie resp. spomalenie vozidla. Logika neskôr vyhodnotí hodnoty a prevedie prijaté signály na ovládacie príkazy elektromagnetických ventilov.

Hydraulická jednotka, riadi činnosť elektromagnetických ventilov uložených v brzdových valčekoch kolies tak aby brzdny tlak bol optimálny aj keď je vyvolaný tlak vodičom omnoho vyšší, celý riadiaci proces je ovládaný signálmi z riadiacej jednotky.

Jednotka reguluje pri maximálnom brzdení tlak prevádzkového systému. Celý proces sa uskutočňuje v jednotlivých brzdových valčekoch nezávisle na slyze kolesa a uhlovom spomalení alebo zrýchlení. Postupným vývojom digitálnej elektroniky sa docielilo bezpečné snímanie komplexných procesov pri brzdení a preto jednotka v danej situácii môže zasiahnuť v zlomkoch sekundy. Systém je možné aplikovať do automobilu bez akýchkoľvek zmien v brzdovom systéme, jeho činnosť je nasledovná .

Po zapnutí zapaľovania, snímače umiestnené na predných kolesách a na diferenciály zadnej nápravy resp. na oboch zadných kolesách snímajú všetky údaje potrebné k výpočtu obvodových rýchlostí. Tie si prevezme riadiaca jednotka, ktorá po prepočte daných veličín zistí, či môže nastať nebezpečenstvo zablokovania niektorého z kolies. Ak táto situácia nastane spustí hydraulické jednotke čerpadlo pre spätnú dodávku a podľa potreby začne ovládať elektromagnetické ventily príslušných kolies. Predné kolesá sú ovplyvňované nezávisle cez im priradené páry elektromagnetických ventilov, tak aby optimálne prispeli k brzdeniu (individuálna regulácia) .

V prípade zadnej nápravy sa spoločný tlak určuje podľa kolesa s menším súčiniteľom príľnavosti tzv. princíp „select-low“. Koleso s väčším súčiniteľom príľnavosti sa so systémom ABS nepatrne nepribrzdí, čo má za následok predĺženie brzdnej dráhy ale zvýšenie stability vozidla. Riadiaca jednotka ovláda elektromagnetické ventily už spomínaných v troch režimoch:

1. Bez prúdu obidva ventily (vstupný ventil otvorený, výstupný uzatvorený), zväčšenie tlaku.
2. Vstupný ventil je pod prúdom a tým je uzatvorený(hlavný brzdový valec je oddelený a tlak v brzde kolesa ostáva konštantný).
3. Výstupný ventil je pod prúdom to znamená že je otvorený. Brzda kolesa sa spoji s čerpadlom pre spätnú prevádzku a tlak poklesne.

Podľa štýlu jazdy môže regulačný cyklus prebiehať 4 až 10 krát za sekundu. Rýchle reakcie sú docielené elektronickým spracovaním signálu a krátkymi odozvami. Pri spracovávaní signálov získaných zo snímačov musíme brať do úvahy napr. či sú kolesá spojené s motorom. Pri niektorých systémoch ABS berieme do úvahy točivý moment,

ktorý pôsobí okolo zvislej osy vozidla pri vozovke s nie rovnakým súčiniteľom adhézie v priečnom smere. [Vlk, 2002]

Podľa spôsobov snímania môžeme rozlíšiť niekoľko druhov regulačných sústav:

- **individuálna regulácia** - Kolesá sú regulované samostatne, pri dvoj nápravových vozidlách systém tvoria 4 snímače, 4 akčné členy, elektronika so 4 regulačnými kanálmi. Použitím tejto regulácie sa dosahuje najkratšia brzdná dráha, môže však dôjsť k riziku pri brzdení na vozovke s rôznou adhéziou, ktorá sa objavuje hlavne v zime keď stred cesty býva suchý a na kraji sa nachádza sneh s ľadom. V takomto prípade regulácia nedokáže dostatočne zabezpečiť smerovú stabilitu vozidla.
- **zmiešaná regulácia** - Brzdy sú zapojené diagonálne, preto zadná náprava nesmie obsahovať 1 akčný člen ako pri konvenčnom zapojení, ale každé koleso má vlastný akčný člen. Ovládané sú spoločnou výberovou reguláciou fungujúcou na princípe select-low. Predná náprava má individuálnu reguláciu.
- **Modifikovaná individuálna regulácia** - Použitá u prednej nápravy, pričom zadnú nápravu reguluje individuálna regulácia. Modifikovaná regulácia vo svojej podstate funguje na princípe select-low so zmenou pri blokovaní kolesa ostáva tlak v neblokujúcom kolese na konštantnej hodnote. Tlak v blokujúcom kolese je znižovaný až kým koleso dosiahne príslušnú obvodovú rýchlosť, neskôr je zvyšovaný brzdový tlak na kolese s lepšou adhéziou až kým koleso začne blokovať. Regulačný cyklus pokračuje kým sa vozidlo úplne nezastaví.

Regulácie IR/SL a MIR nám zabezpečujú zníženie rizika točivého šmyku pri brzdení na vozovke s rozdielnym povrchom medzi ľavým a pravým kolesom. Pri rôznych ďalších zapojeniach regulácii ako je diagonálna regulácia, nápravová regulácia IR/SL dochádza k predĺženiu brzdnaj dráhy a zhoršeniu smerovej stability.[Vlk, 2002]



### 3.4 Rozšírenia

Automobil môže mať okrem systému ABS ďalšie bezpečnostné rozšírenia medzi ktoré patria hlavne elektronické jednotky s významom zvýšiť bezpečnosť a charakter jazdných vlastností.

#### 3.4.1 *ABS s elektronickým rozdeľovačom brzdného tlaku EBD*

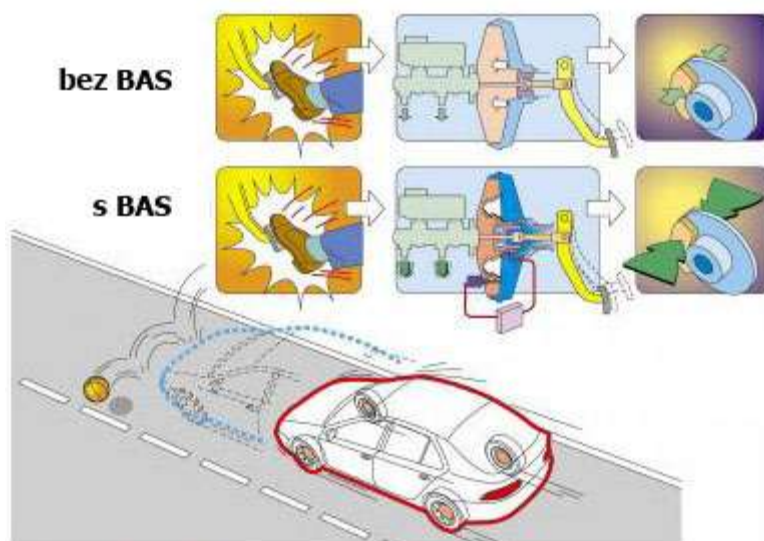
Funkcia EBD je doplnkový systém riadiacej jednotky proti blokovacieho systému ABS s úlohou jemnejšej regulácie brzdného tlaku zadnej nápravy. Táto upravená jednotka môže na rozdiel od neupravenej zasiahnuť aj pri normálnom brzdení a nie len pri panickom, vzhľadom na stav zaťaženia vozidla a adhéziu vozovky. Hlavnou zmenou oproti ventilom obmedzujúcim brzdným tlak a automatickej záťažovej regulácii je systém závislý od sklzu pneumatík a nie od brzdného tlaku.

Závislosť na sklze dáva schopnosť elektronike znižovať brzdný tlak v zadných brzdách a umožňuje zvýšiť stabilitu vozidla pri brzdení v porovnaní s konvenčnými systémami. Znižovanie tlaku prebieha v určitých krokoch udržiavania tlaku. Za pomoci upraveného softwaru je blokovanie zadných kolies minimálne. Pri regulácii EBD čerpadlo nie je spustené. V situácii blokovania niektorého z kolies zadnej nápravy začne pôsobiť regulácia ABS. Ovládanie oboch brzdových okruhov je spoločné. Pri vzniku poruchy sa rozsvieti kontrolka. Výpadkom regulácie ABS nemusí byť ohrozená činnosť EBD.

#### 3.4.2 *Brzdový asistent*

Zariadenie napomáhajúce vodičovi v kritickom brzdení, jedná sa o situácie keď málo skúsený vodič nevyvinie dostatočný brzdný tlak. V tomto okamihu snímače brzdového asistenta majú za úlohu rozpoznať danú situáciu a vykonať maximálne zvýšenie brzdného tlaku. Činnosť systému je previazaná s posilňovačom brzd a so systémom ABS.

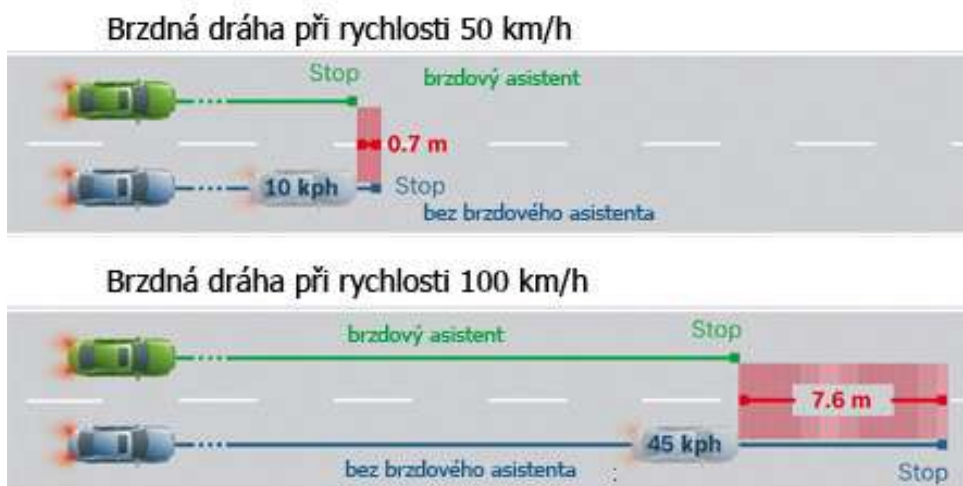
Vstupný impulz pre brzdového asistenta je zo snímačov snímajúcich rýchlosť a veľkosť sily ktorou bol stlačený brzdný pedál. K aktivácii asistenta musí byť prekročený limit, vychádzajúci zo vzťahu súčinu rýchlosti a sily vyvinutej brzdou. Maximálna hodnota brzdného tlaku je udržiavaná až kým nedôjde k uvoľneniu brzdového pedála, následkom čoho je automaticky činnosť deaktivovaná.



Obr. 15 Brzdový asistent (zdroj: Autolexicon.net)

Testovaním systému sa preukázalo skrátenie brzdovej dráhy o 15 až 20%. Výsledok môže byť ovplyvnení skúsenosťami vodiča. Pre maximálne možné brzdenie by mala byť počiatočná sila pri brzdení vždy maximálna aby prišlo k využitiu brzdového asistenta a systému ABS.

Pri novo vybavených automobiloch je BAS súčasťou elektronického stabilizačného systému.

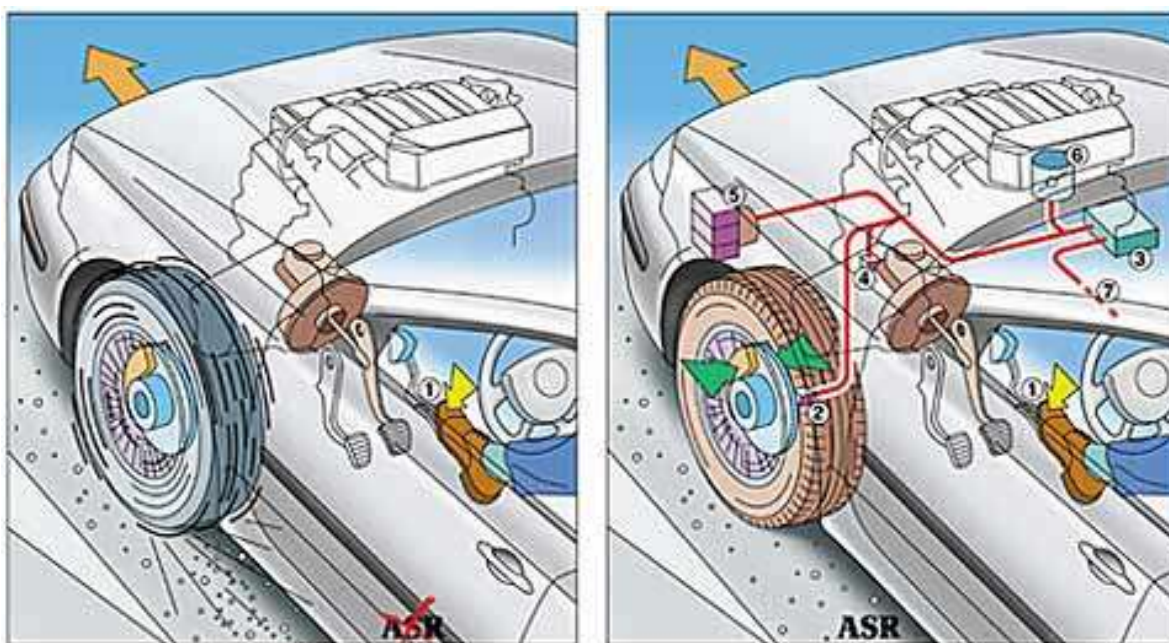


Obr. 16 Rozdiel brzdnych dráh s BAS (zdroj: Autolexicon.net)

### 3.4.3 Protipreklzový systém ASR

Jednotka rieši podobný problém zablokovania kolesa pri medzi adhézie ale v opačnom zmysle pri rozjazde. V tomto prípade nie je schopné koleso prenášať žiadnu bočnú silu a môže dôjsť pri pôsobení bočnej sily k šmyku vozidla. Tieto situácie viedli k myšlienke zrodu elektronického systému, ktorý by obmedzoval hnací moment privádzaný na kolesá podľa okamžitých adhézných podmienok. Systém má v prvom rade za úlohu zabezpečiť riaditeľnosť a stabilitu vozidla.

ASR (vid'. Obr. 17) v svojej činnosti používa rovnaké komponenty ako ABS, ktoré sú doplnené niektorými funkciami.



Obr. 17 vľavo bez ASR, vpravo s ASR (zdroj: Autolexicon.net)

Riadiaca jednotka systému ABS má v sebe zahrnutú elektroniku ASR. Regulácia podobne ako u ABS zachytáva signály zo snímačov otáčok, ktoré následne vyhodnocujú dva paralelné mikroprocesory. Jednotka sa aktivuje pri veľkom sklze kolies. Vstupné signály premenuje na riadiace signály. Tie majú na starosti činnosť elektromagnetických ventilov a čerpadlo hydraulického agregátu spôsobujúceho reguláciu brzdného momentu. Príkazy pre riadenie motoru sú prevádzané cez dodatočné rozhranie.

Hydraulická jednotka obsahuje v sebe časť ASR. Elektronika prevádza prijaté príkazy nezávislé na vodičovi, cez elektromagnetické ventily riadi príslušný hydraulický tlak v brzdovej sústave. Počas regulácie jednotka zmení stav ventilu z normálny na režim ASR. Čerpadlo ABS slúžiace pre spätnú dodávku nasaje brzdovú kvapalinu nachádzajúcu

sa v hlavnom brzdovom valci a môže bez akéhokoľvek zásahu vodiča v systéme vyvinúť systémový tlak ASR.

Činnosť systému funguje na snímaní otáčok kolies. keď vodič stlačí akceleračný pedál a prepočítaný hnací moment získaný zo signálov kolies prevyšuje krútiaci moment motora, aktivuje sa ASR, ktoré pribrzdí hnacie momenty kolies čím zabezpečí stabilitu vozidla.

Brzdenie hnacieho momentu sa môže líšiť podľa typu vozidla. Najčastejšie je ovládané:

- nastavením škrtiacej klapky
- zmenou času zapalovania
- potlačením jednotlivých vstrekovacích a zapalovacích impulzov

#### **3.4.4 Elektronicky stabilizačný systém ESP**

Pri jazde môžu nastať hraničné oblasti pri ktorých sa stáva automobil už ťažko ovládateľný. Tieto situácie nemusia zvládnuť ani vynikajúci šoféri vplyvom silného pohybu s volantom. Zvládať tieto kritické oblasti pomáhajú vodičom regulácie dynamiky jazdy. Medzi najznámejšie patrí ESP od firmy Bosch, dopĺňujúce funkcie proti blokovacieho systému ABS a proti preklzovému systému ASR.

Systémy nám umožňujú zvládať sklz alebo preklz ale iba v pozdĺžnom smere vozidla. Pri veľkom bočnom sklze dochádza k strate bočného vedenia. Systém zabezpečuje zvýšenie stability vozidla prejazdom zákruty, znižuje nebezpečenstvo šmyku pri brzdení. Celková stavba ESP si vyžaduje výkonnú elektroniku a snímače.

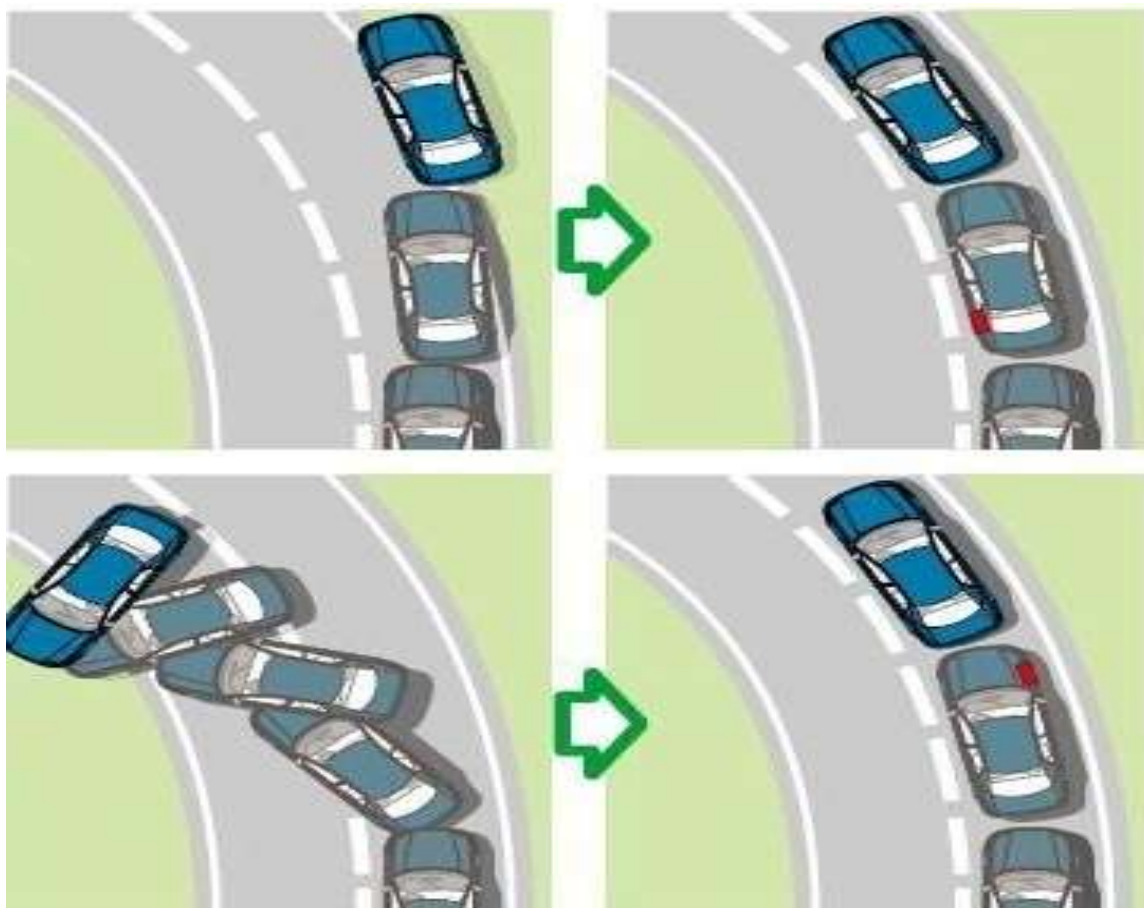
Stabilizácia jazdy je uskutočnená vhodným zásahom do bŕzd a hnacieho momentu motora bez asistencie vodiča. Ako náhle systém zistí pomocou snímačov priečne dynamický kritický stav vozidla, nastáva pribrzdenie daných kolies ktorého príčinou je vytvorený moment okolo zvislej osi kompenzujúci pretáčaný alebo nedotáčaný pohyb vozidla (viď. Obr. 18).

Súčasne v tejto situácii dochádza k zníženiu hnacieho momentu na požadovanú bezpečnú hodnotu.

Nastala by situácia v ktorej by automobil dostal do pretáčaného ale nedotáčaného šmyku, elektronika musí zistiť do akej miery reaguje na šmyk vodič a v priebehu niekoľkých milisekúnd vhodne pribrzdiť potrebné kolesá aby sa vozidlo opäť stabilizovalo.

ESP je zárukou toho aby sa vozidlo nedostávalo do šmyku, nestáva sa nestabilným. Jazdu môže ovplyvniť k lepšiemu aj v nasledujúcich okolnostiach:

- podpora v kritických situáciách pri pôsobení bočných síl
- zvýšená jazdná stabilita udržiavajúca smer za každej situácie
- zvýšená stabilita v medzných oblastiach



Obr. 18 V hornej časti pretáčaný smyk, V dolnej časti nedotáčaný (zdroj: Autolexicon.net)

## 4 Konštrukčný model systému ABS

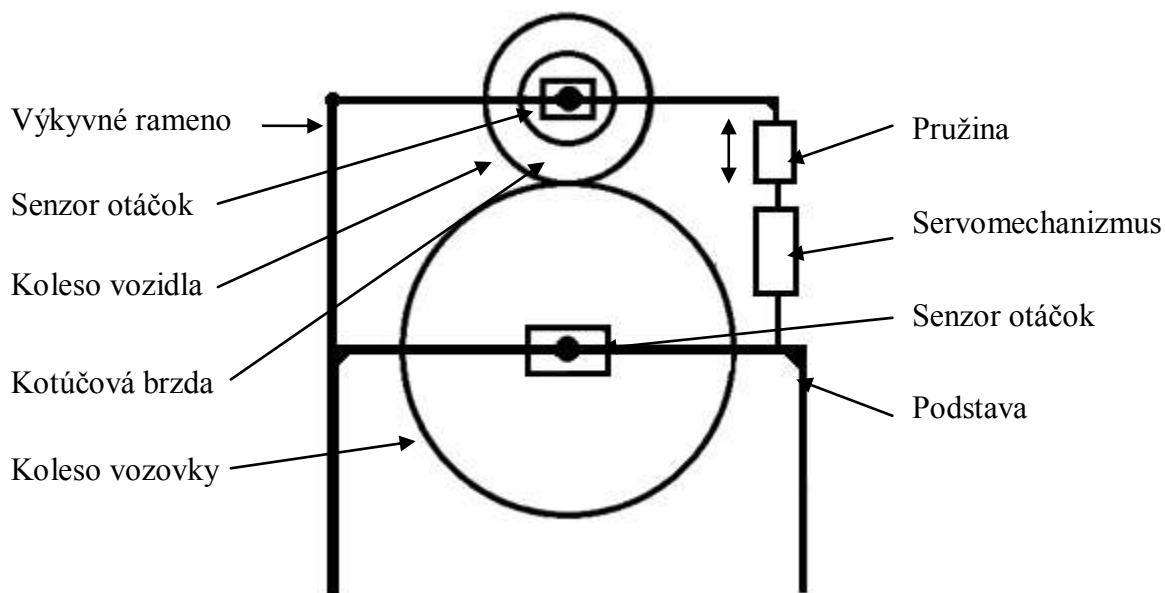
Konštrukčné riešenie bolo navrhnuté v programe PRO/ENGINEERING, v ktorom som dosiahol najpraktickejšie a najjednoduchšie rozloženie komponentov. Z technického hľadiska je model rozložiť do nasledovných funkčných blokov:

1. Simulácia vozovky
2. Brzda
3. Prítlak
4. Sensory

### 4.1 Celkový pohľad na výučbový model

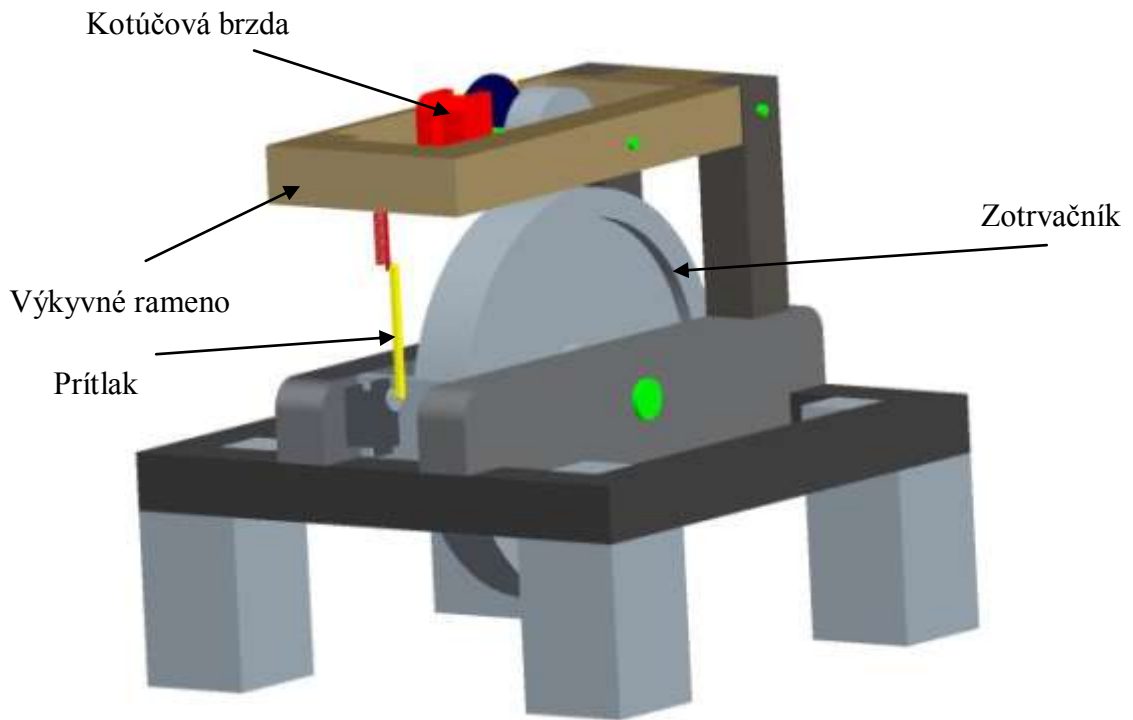
Model je v tvare štvorca s rozmermi 50 cm x 50 cm x 47 cm . Na obrázku 19 si môžeme všimnúť veľký zotrvačník simulujúci dej vozovky, centrálne nad ním sa nachádza výkyvne pohyblivé rameno s ovládaným prítlakom pomocou servomechanizmu.

Výkyvné rameno na svojom hriadeli unáša koleso a kotúčovú brzdú, ktorá je ovládaná povelovými signálmi z riadiacej jednotky cez ďalší servomechanizmus. Model obsahuje dva senzory otáčok.

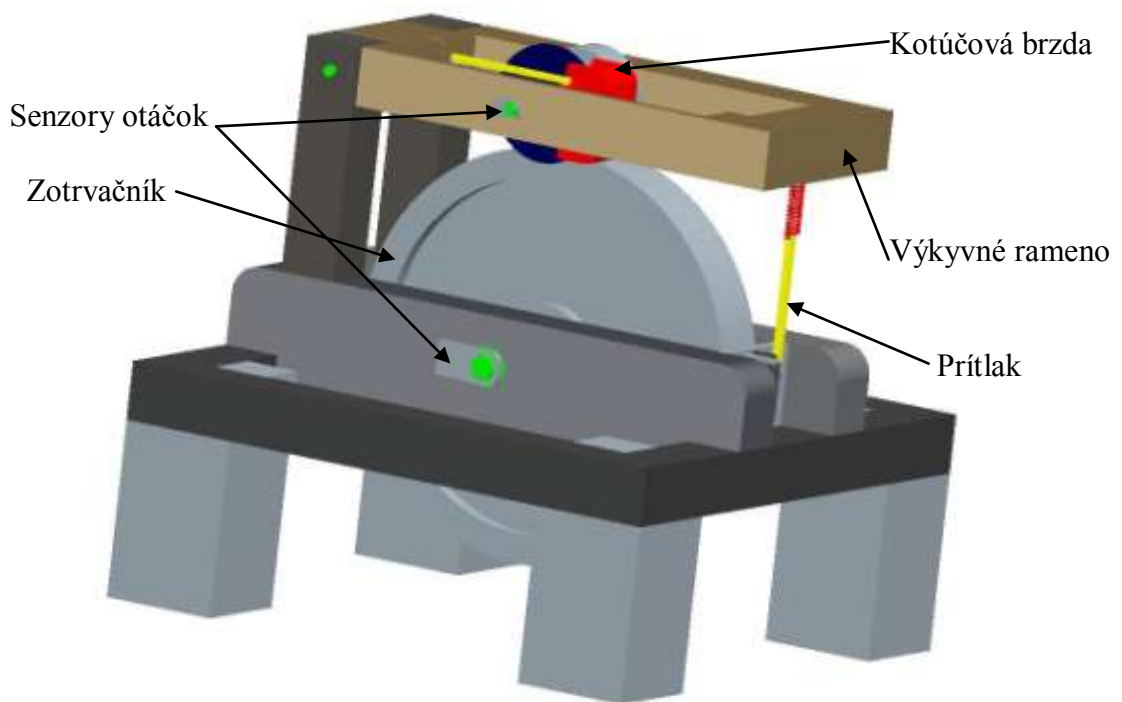


Obr. 19 Schematické znázornenie brzdneho systému ABS





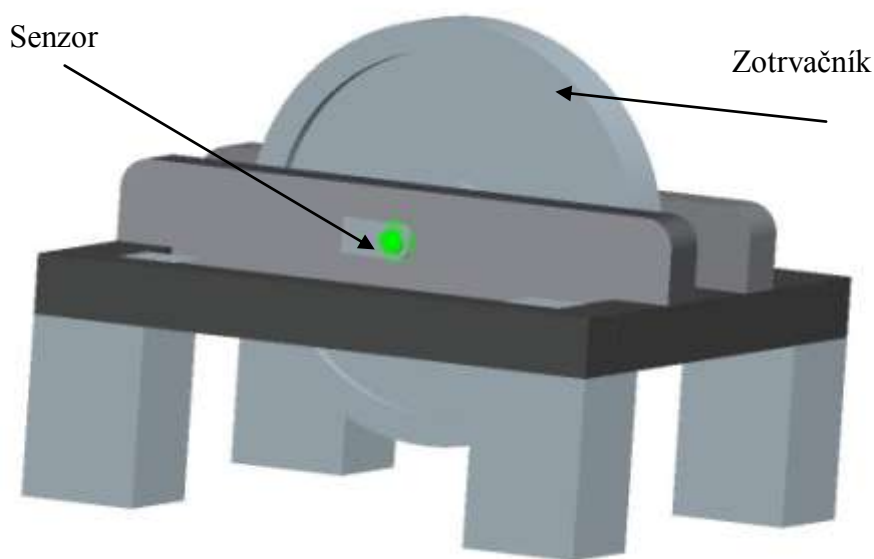
Obr. 19 Celkový pohľad z pravej strany



Obr. 19 Celkový pohľad z ľavej strany

## 4.2 Simulácia vozovky

Základom celého systému je vozovka (vid'. Obr. 20) ktorá je tvorená zotrvačníkom s dostatočnou hmotnosťou, v našom prípade by bola na modeli použitá činka o hmotnosti 10KG. Uvedenie zotrvačníka do rotačného pohybu pre najmenšie komplikácie je pomocou ruky. Druhá možnosť riešenia by sa dala použiť koncepcia s motorom, pri ktorej by sme museli po začatí simulácie zabezpečiť odpojenie motora pomocou prevodovky tak aby nedochádzalo súčasne aj k brzdeniu aj pohonu zotrvačníka.

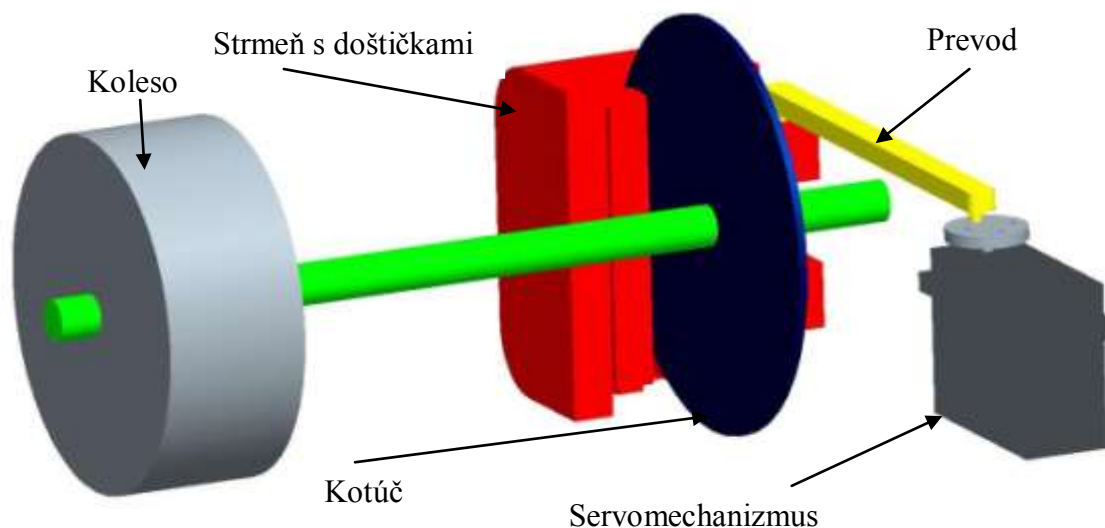


Obr. 20 Simulácia vozovky

## 4.3 Kotúčová brzda

Brzda (vid'. Obr. 21) tvorí najdôležitejšiu časť z mechanickej oblasti. Jej časté používanie znamená aj častú výmenu brzdových čeľustí a brzdového kotúča. Aj preto je brzdová časť umiestnená vo vrchnej časti celkového systému. Držiak brzdových čeľustí je pripevnený k ľavej časti výkyvného ramena unášajúceho koleso. Za kotúčovou brzdou sa nachádza servomechanizmus, ktorý pomocou prevodu ovláda čeľuste brzdy.



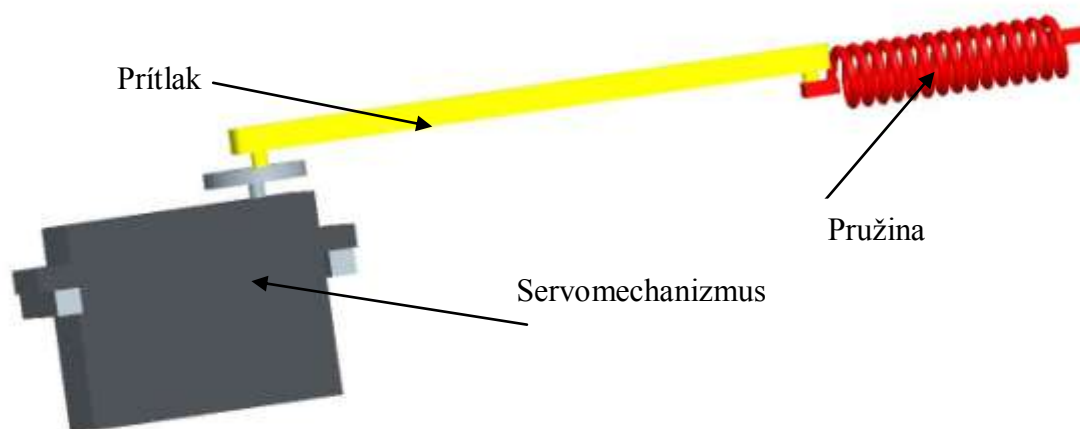


Obr. 21 Kotúčová brzda umiestnená na hriadeli

#### 4.4 Prítlak kolesa s vozovkou

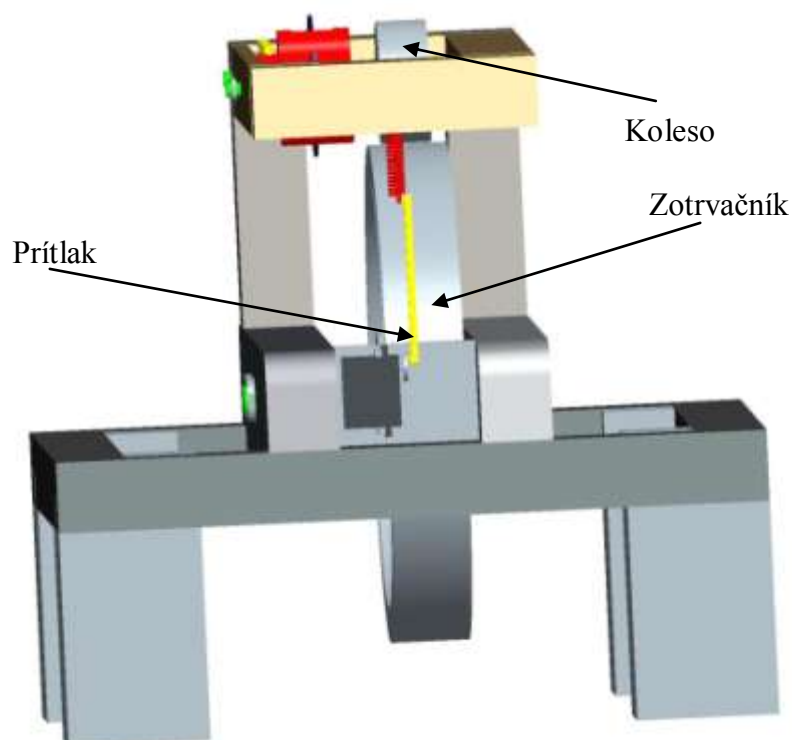
Pre rýchlu zmenu priľnavosti bolo dôležité vymyslieť prítlak kolesa s vozovkou (vid'. Obr. 22). Veľa riešení rieši problematiku tak, že brzdené koleso je voľne opreté pomocou tiaže výkyvného ramena o zotrvačnik. Aj táto možnosť je riešenie, ale systém ABS nikdy nepracuje na presne definovaných vlastnostiach priľnavosti kolesa s vozovkou.

Pre prvé možné riešenie boli použité nastavovacie skrutky v prednej časti modelu tie však nezabezpečovali možnosti pre rýchlu zmenu priľnavosti. Dôvodom rýchlosti zmeny priľnavosti bol použitý ďalší servomechanizmus, ktorý má na starosť prítlak brzdeného kolesa s vozovkou.



Obr. 22 Detail prítlaku

Servomechanizmus (vid'. Obr. 23) je pevne upevnený medzi nosníkmi unášajúcimi hriadeľ zotrvačníka. Mechanizmus ovláda tiahlo pevne spojené s pružinou, ktorá je druhým koncom zavesená na spodnej časti výkyvného ramena.



Obr. 23 Celkový pohľad na model s prítlakom

## 4.5 Senzory

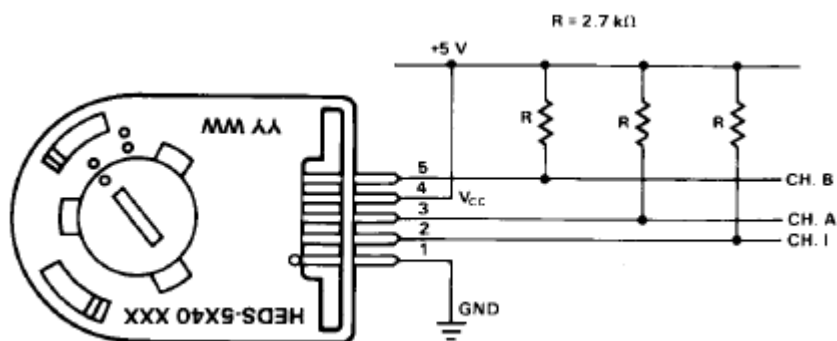
Na modeli sú osadené priamo v ľavej časti na hriadeľi vozovky a kolesa dva optické inkrementálne senzory pre meranie otáčok.

Snímače obsahujú dva až tri kanály prírastkového určenia polohy vďaka čomu zvyšujú presnosť a spoľahlivosť. Vo vnútri každého senzoru sa nachádza kódér opatrený LED diódou, IO obvodom s detektormi a výstupom. Ľahko sa dajú použiť na motore poprípade inom ľubovoľnom rotujúcom hriadeľi. Výstupom je obdĺžnikový signál. Elektrické zapojenie na obrázku 25. Pre správnu činnosť je treba na 3 výstupné kanály



Obr. 24 Inkrementálny snímač HEDS (zdroj: mexico.newark.com)

podľa obrázku 25 pin 2,3,5 priradiť odpor o hodnote 2.7 k $\Omega$ . Odpory môžu by umiestnené do vzdialenosti štyroch metrov. Každý výstup môže ovládať TTL logiku.



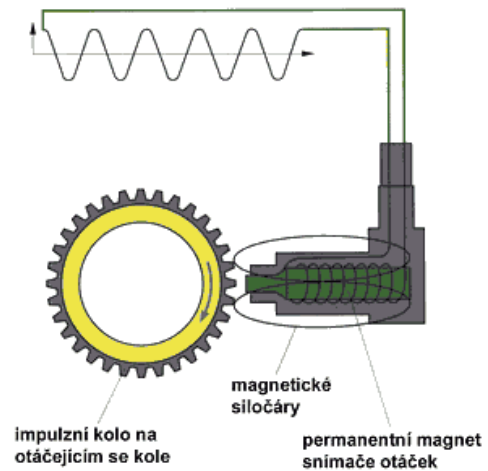
2

Obr 25. Elektrická schéma zapojenia inkrementálneho snímača HEDS

(zdroj: <http://cz.rs-online.com>)

## 5 Rozbor návrhu riadenia modelu ABS

Základom modelu riadenia je impulzné koleso (viď. Obr. 26) umiestnené v náboji kolesa automobilu, ktoré pomocou permanentného magnetu uloženého v snímači otáčok generuje 42 pulzov na otáčku kolesa, slúžiacich pre zistenie výslednej rýchlosti vozidla.

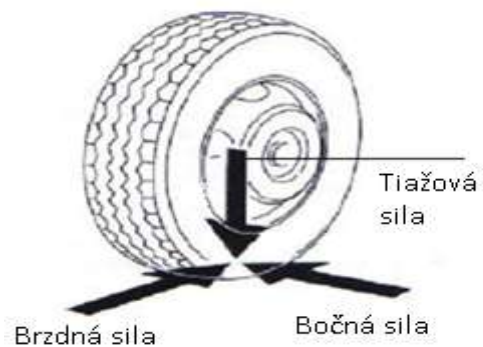


Obr. 26 Principiálna schéma pre získavanie pulzov. (zdroj: Autolexicon.net)

### 5.1 Simulačná schéma

Auto pri svojom pohybe vykonáva dva pohyby jeden rotačný a druhý posuvný. Pri tom na koleso pôsobia viaceré sily (viď. Obr. 27). Celkové brzdenie je ovplyvnené zotrvačnosťou kolesa, uhľovým zrýchlením kolesa, silou pri brzdení a momentom brzdenia. Výsledná rovnica vyzerá nasledovne(1).

$$J\dot{\omega} = rF_x - M. \quad (1)$$

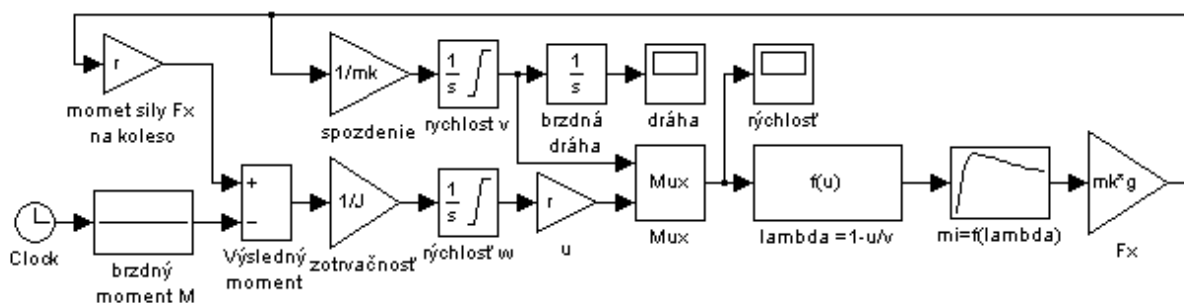


Obr. 27 Sily pôsobiace na koleso

Brzdovú silu môžeme vyjadriť ako tiažovú silu vynásobenú súčiniteľom trenia medzi vozovkou a kolesom automobilu s výsledným vzťahom(2).

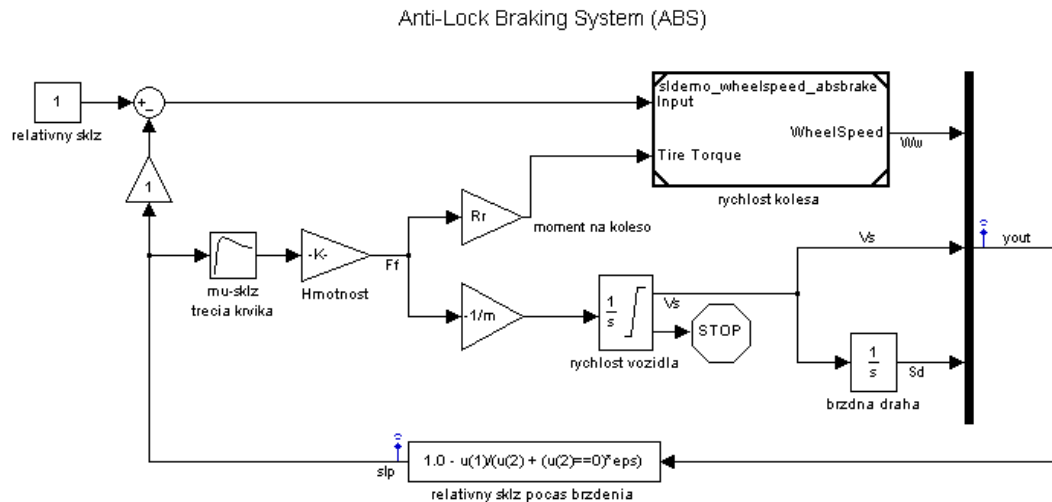
$$F_x = \mu mg \quad (2)$$

Pospájaním rovníc dostaneme výslednú simulačnú schému (viď Obr. 28).



Obr. 28 Simulačná schéma ideálneho brzdenia (zdroj: Noskievič, P. ,1994)

Simulačná schéma (viď. Obr. 29) v mojom prípade bola demonštrovaná na DEMO modeli, ktorý sa nachádza v Matlabe-Simulinku. Podstata činnosti je obdobná ako pri klasickej brzde akurát, že výsledný brzdový moment nie je konštantný ale je simulovaný a vysvetlený na obrázku 30.

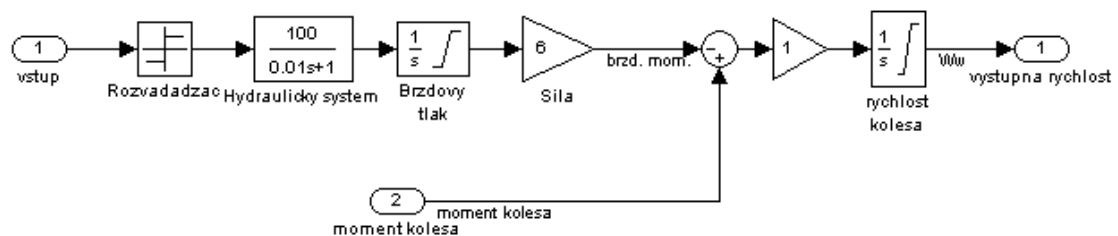


Obr. 29 DEMO simulačná schéma systému ABS (zdroj: www.mathworks.com)

Vstupom do hydraulického modelu ABS je rozdielový signál získaný z nami definovaného povrchu brzdenia teda šmykového trenia a pomeru rozdielových rýchlostí(3).

$$\lambda = 1 - \frac{u(\text{rýchlosť kolesa})}{v(\text{rýchlosť vozidla})} \quad (3)$$

Signál pokračuje cez rozvádzač ABS, ktorý je modelovaný reléovým modelom so stavmi podľa potreby -1,+1. Zotrvačnosť a zmena hydraulického tlaku je získaná ďalších dvoch blokov. Následne upravená vynásobená brzdovým momentom.



Obr. 30 Simulačná schéma regulačnej odchýlky ABS(zdroj: www.mathworks.com)

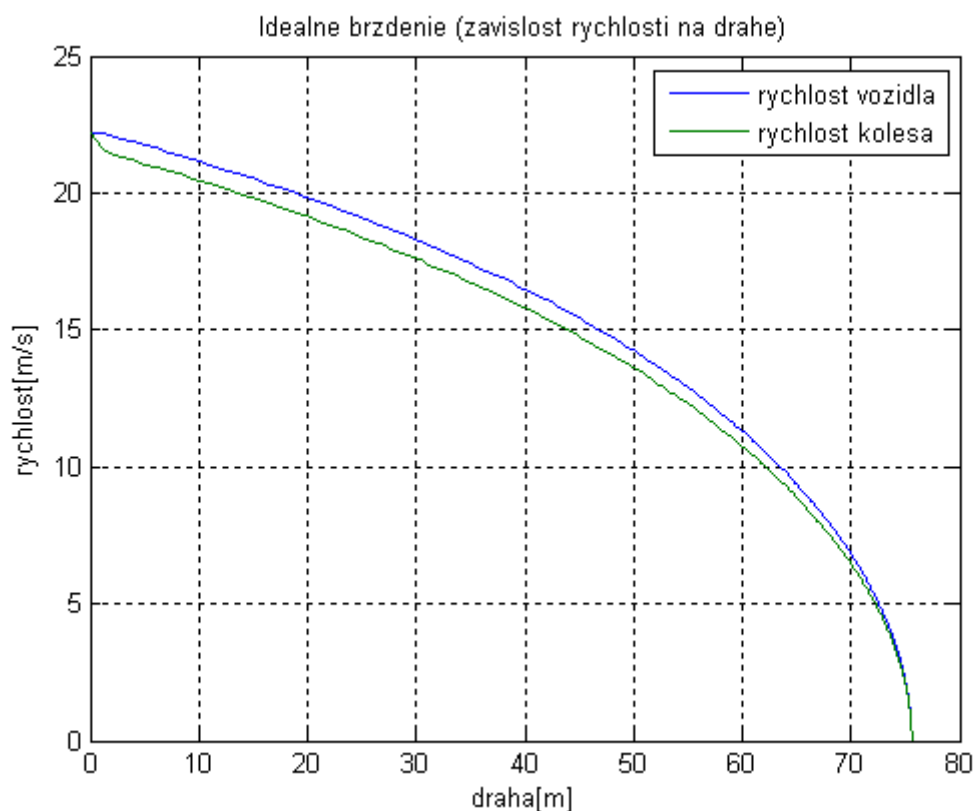
## 5.2 Simulácia na ideálnej vozovke

Ideálna brzdná dráha môže v praxi nastať za dvoch podmienok. Prvou podmienkou je dostatočne výkonná brzda aby dostala pneumatiku pri brzdení na rozmedzie šmyku. V prípade, že sa podmienka splní spomalenie vozidla je dane silou brzdenia. V druhom prípade brzda nedosahuje potrebnej sily na to aby sa na to rozmedzie dostala čo je v praxi v dnešnej dobe nemožné. Pri tejto variante závisí brzdienie na kinetickej energii poprípade zotrvačnosti vozidla, tým že nedostatočnými brzdami nedokážeme treciu silu medzi kolesom a vozovkou sa brzdná dráha predĺži.

Aplikovaním teórie do praxe nastáva rozdiel rozloženia hmotnosti v vozidle. Vo väčšine automobilov býva väčšia hmotnosť umiestnená na menej brzdenej náprave, potom sa na predných kolesách tak nezvyšujú normálové sily s ktorými sa zväčšujú trecie sily tým sa predlžuje celková drahá brzdienia.

Simulačný graf je vytváraný pre údaje (viď. Obr. 5). Rozdielom pri simulácii je absencia systému ABS. Rýchlosť pri brzdení si môžeme vypočítať pri konštantnej brzdnjej sile pomocou druhej integrácie zrýchlenia.

$$v = \frac{k \cdot s^2}{2} [m/s] \quad (4)$$

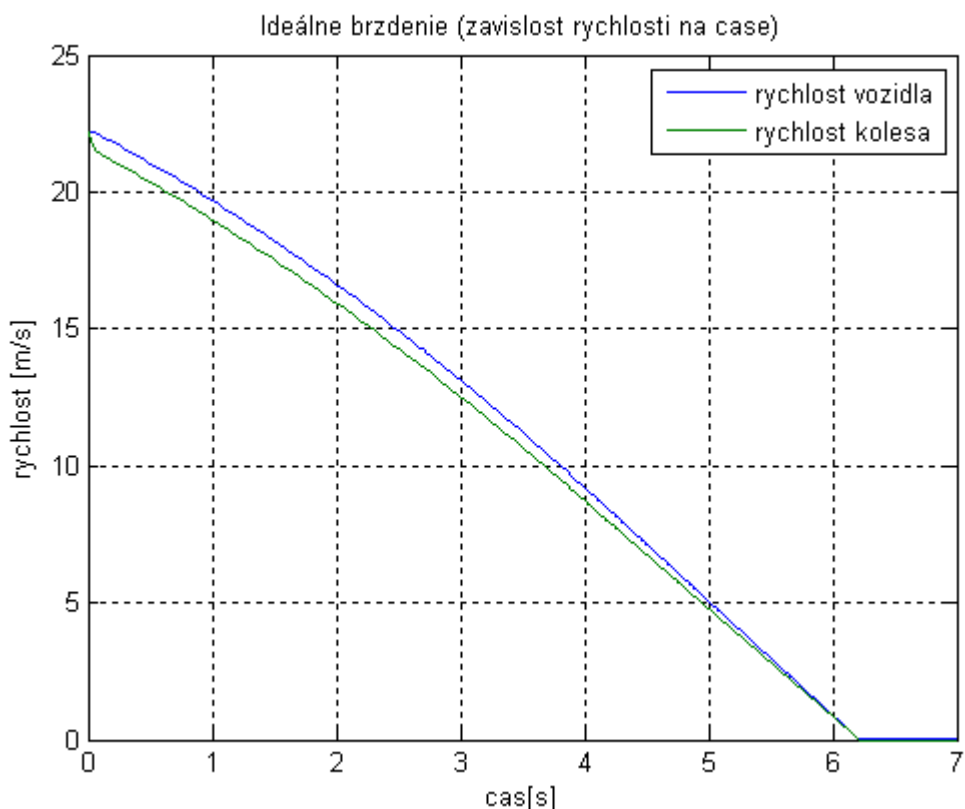


Obr. 31 Ideálne brzdienie závislosť rýchlosti na dráhe

Z uvedeného vzťahu (4) môžeme vidieť exponenciálny priebeh rýchlosti závislých na brzdnej dráhe (viď. Obr. 31).

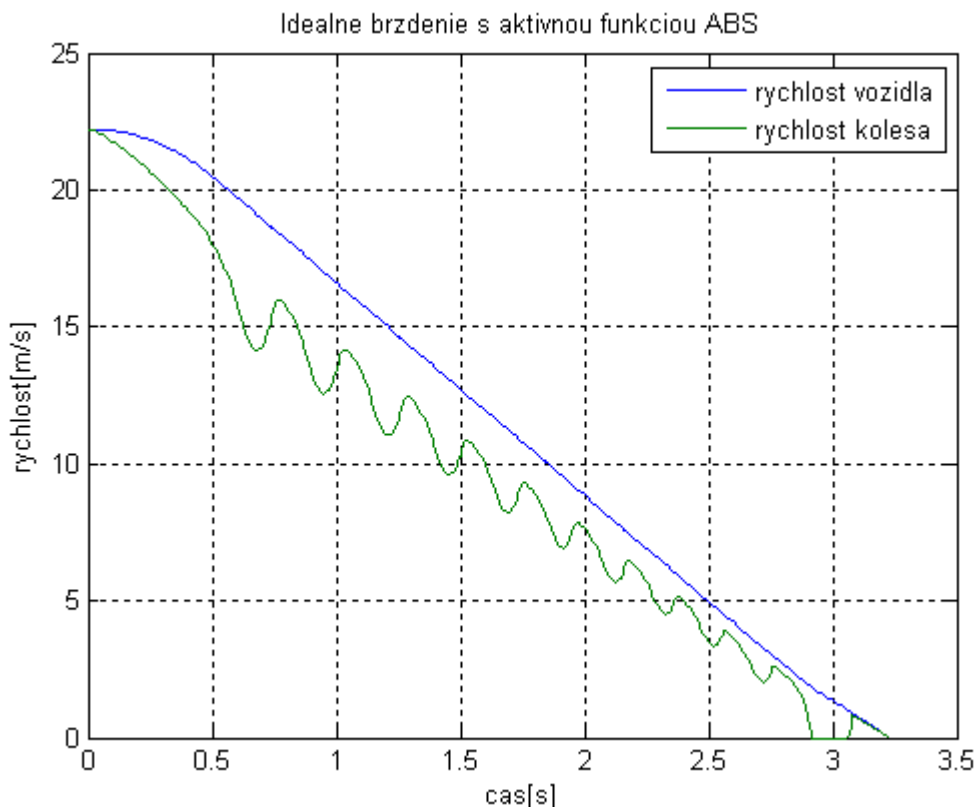
Vynesením závislosti rýchlosti (viď. Obr. 32) na čas dostávame lineárny pokles rýchlosti. Takže môžeme povedať, že brzdenie je za konštantného brzdového momentu na brzdové platničky.

Reálne brzdenie však nenastáva za konštantného brzdového momentu a preto je závislosť spomínaná na obrázku v skutočnosti ku koncu nelineárna. Taktiež to spôsobí predĺženie brzdnej dráhy.



Obr. 31 Ideálne brzdenie závislosť rýchlosti na čase

Pri reálnom brzdení môže nastať stav keď sa rozmedzie smyku prekročí, z toho dôsledku klesá súčiniteľ trenia, tým dochádza k smyku a neovládateľnosti vozidla. V tejto situácii zareaguje jednotka ABS, ktorej výsledný brzdový priebeh môžeme vidieť na obrázku 33. Brzdením a regulovaním so systémom ABS sa postupom odchýlka rýchlosti znižuje. Zablockovanie kola dochádza až pri nízkej rýchlosti v ktorej už nemá vplyv na stabilitu ani dĺžku brzdnej dráhy.



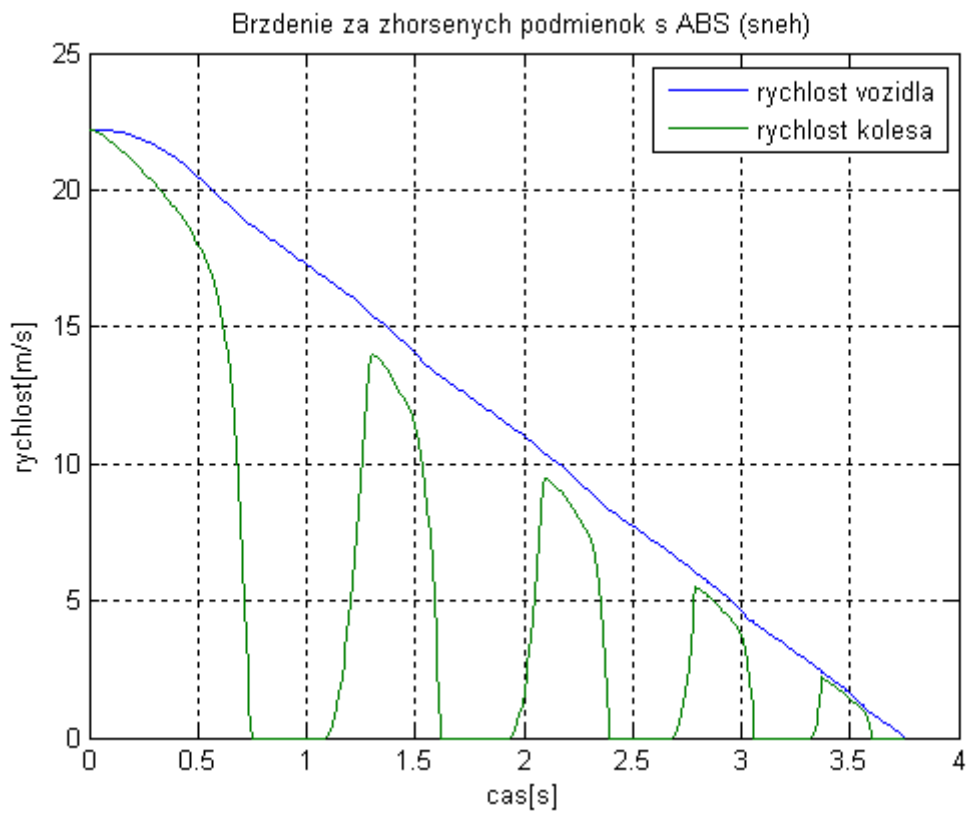
Obr. 33 Zasiachnutie systému pri ideálnom brzdení.

### 5.3 Simulácia brzdenia za zhoršených podmienok

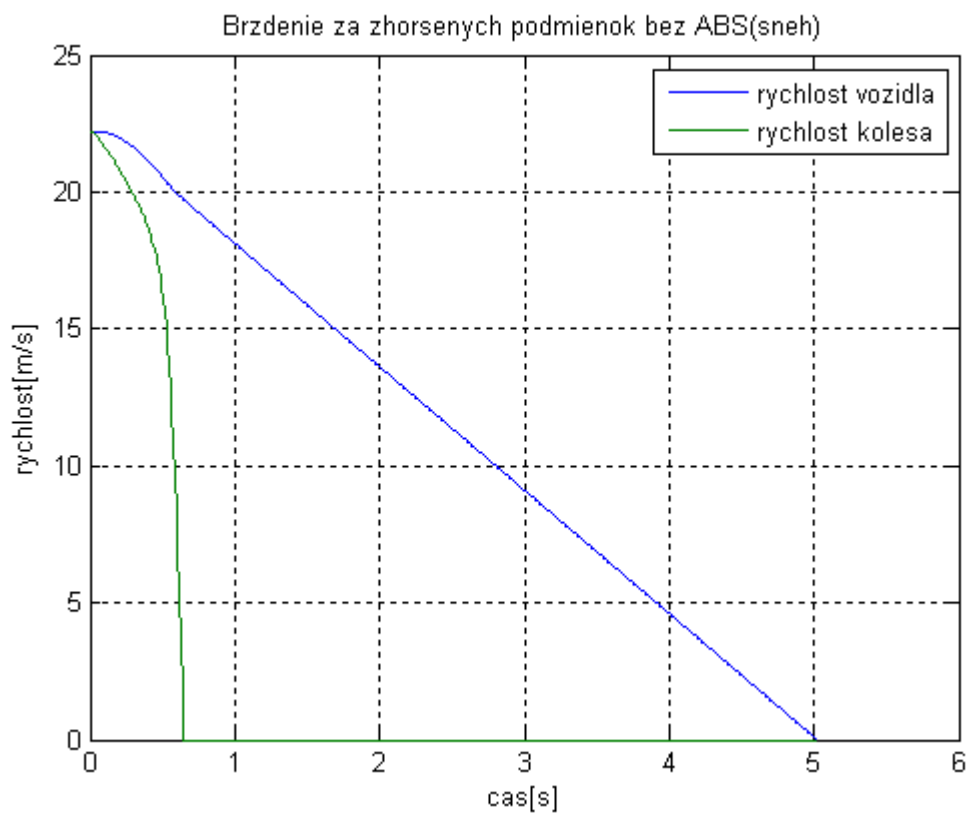
Brzdenie prevádzané pri zníženom súčiniteli šmykového trenia, ktorý sa ako konštanta znižuje pri daždi, snehu, lade. Pri našom brzdení je uvažované s konštantou  $\mu = 0.2$  identickou pre sneh. Regulačná krivka je rozdielna ako pri brzdení na asfalte z predchádzajúceho rozboru. Stlačením brzdového pedála sa koleso dostáva takmer hneď do šmyku. ABS (vid'. Obr. 34) sa snaží skrátiť stav kedy by sa mohlo koleso nachádzať v šmyku a uregulovať aby neprekročilo posuvnú rýchlosť vozidla. Tento regulačný proces pokračuje až kým sa vozidlo nezastaví. Pri rovnakých parametroch použitých pre iný typ brzdenia môžeme vidieť časové predĺženie brzdenia.

Nepoužitím systému ABS (vid'. Obr. 35) vo vozidle by pri brzdení by viedlo k okamžitému zablokovaniu kolesa. Zablokovaním kolesa by sa vozidlo sa stalo neovládateľné, tým by sa predĺžil čas brzdnej dráhy o 1 sekundu a rozdiel medzi jednotlivými brzdňými dráhami by bol 10 metrov.





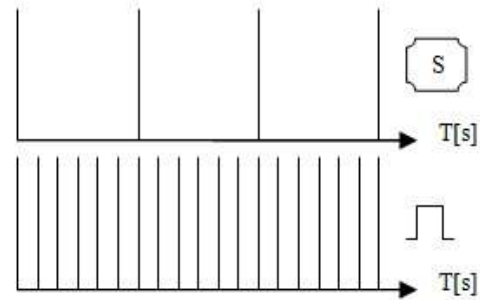
Obr. 34 Brzdenie za zhoršených podmienok so systémom ABS



Obr. 35 Brzdenie za zhoršených podmienok bez systému ABS

## 5.4 Závislosť pulzov

Získavanie informácie o množstve pulzov vychádza z princípu (vid'. Obr. 26 ). Ďalej sa informácie musia cez prevodník previesť do riadiacej jednotky. Vrchná časť obrázku (vid. Obr. 36) generuje závislosť pulzov získaných zo snímača umiestneného v kolese na rýchlosti vozidla, spodná časť uvádza počet pulzov generátora, ktorý je potrebný pre na vzorkovanie.



Obr. 36 Principiálne získavania uhlu kola

Zvýšením rýchlosti vozidla sa časový interval zmenší a tým sa do na vzorkovania zmestí menej pulzov a naopak zmenšením rýchlosti sa do na vzorkovania zmestí viac pulzov.

Pre výpočet jednotlivých rýchlostiach som použil vzorec (5).

$$xp = \frac{v \left[ \frac{m}{s} \right] (\text{rýchlosť vozidla})}{O[m] (\text{obvod vozidla})} * 42 [s^{-1}] \quad (5)$$

Obvod bol počítaný pre mnou zvolené koleso R15 s pneumatikou 195mm a výškou profilu 65. Ďalším prepočtom som dostal čas medzi jednotlivými pulzmi (6).

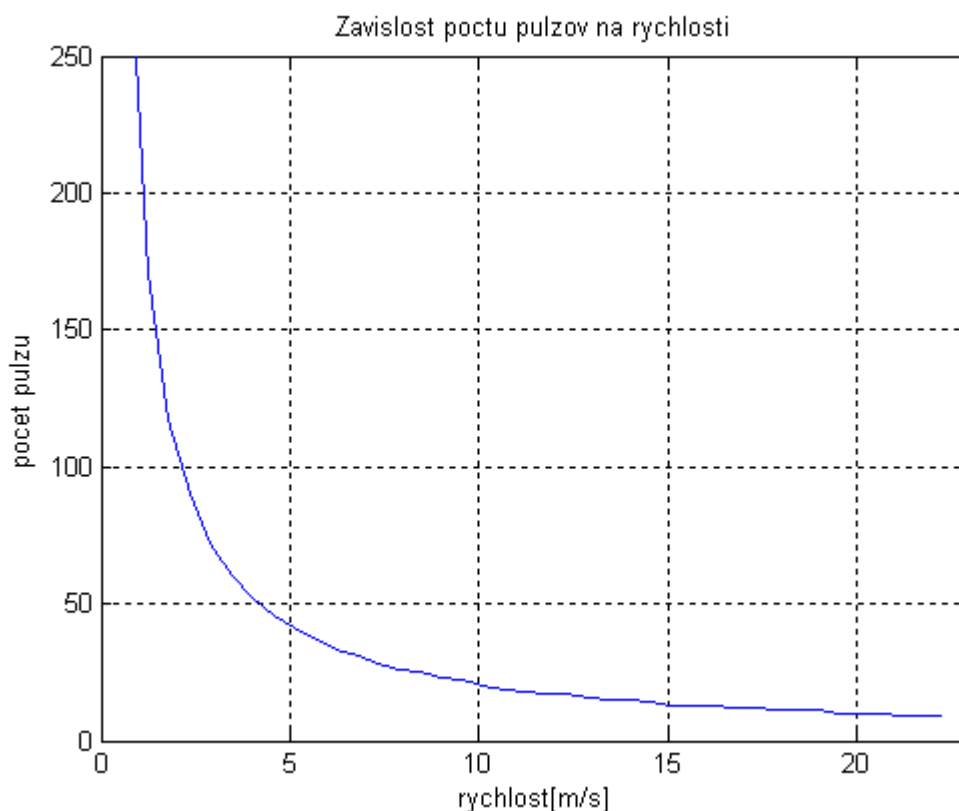
$$tp = \frac{1}{xp (\text{počet vzoriek})} [s] \quad (6)$$

Podmienka pre na vzorkovanie jednotlivých pulzov bol výber frekvencie tak aby nasnímaný počet pulzov pri rýchlosti 30 km/h bol 20 vzorkou.

Vo vzorovej tabuľke je uvádzaná rýchlosť do rýchlosti 20km/h v rozsahu 2km/h z dôvodu veľkej zmeny počtu pulzov malých rýchlostiach. Od rýchlosti 20km/h je rýchlosť uvádzaná po 10km/h pretože jej zmena je takmer lineárna.

Tabuľka 1 prepočet pulzov			
v[km/h]	v[m/s]	xp[1/s]	tp[s]
0,5	0,14	2225	0,00045
10,5	2,91	72	0,01389
20,5	5,68	37	0,02703
30,5	8,45	25	0,04
40,5	11,22	18	0,05556
50,5	13,99	17	0,05882
60,5	16,76	12	0,08333
70,5	19,53	10	0,1
80,5	22,30	9	0,11111

Z vzorovej tabuľky bola zostrojená závislosť (vid'. Obr. 37) zmeny počtu pulzov na odpovedajúcej rýchlosti. Najväčšia zmena nastáva do rýchlosti 8 m/s, kde sa vynesená závislosť v rádovo stovkách. Prekročením tejto rýchlosti zmena ostáva takmer lineárna a mení sa v rádovo v desiatkach až po 11 m/s po tejto hranici je zmena rýchlosti po jednotkách. Z toho vyplýva možnosť rozpoznania zmeny počtu pulzov, z ktorých vie jednotka vyvodit' či má koleso sklon k blokovaniu alebo a nie. Pri najnižších rýchlostiach sa dostáva do riadiacej jednotky najväčší počet pulzov na ktorý môže jednotka jemnejšie a presnejšie reagovať tak aby nedošlo k blokovaniu.

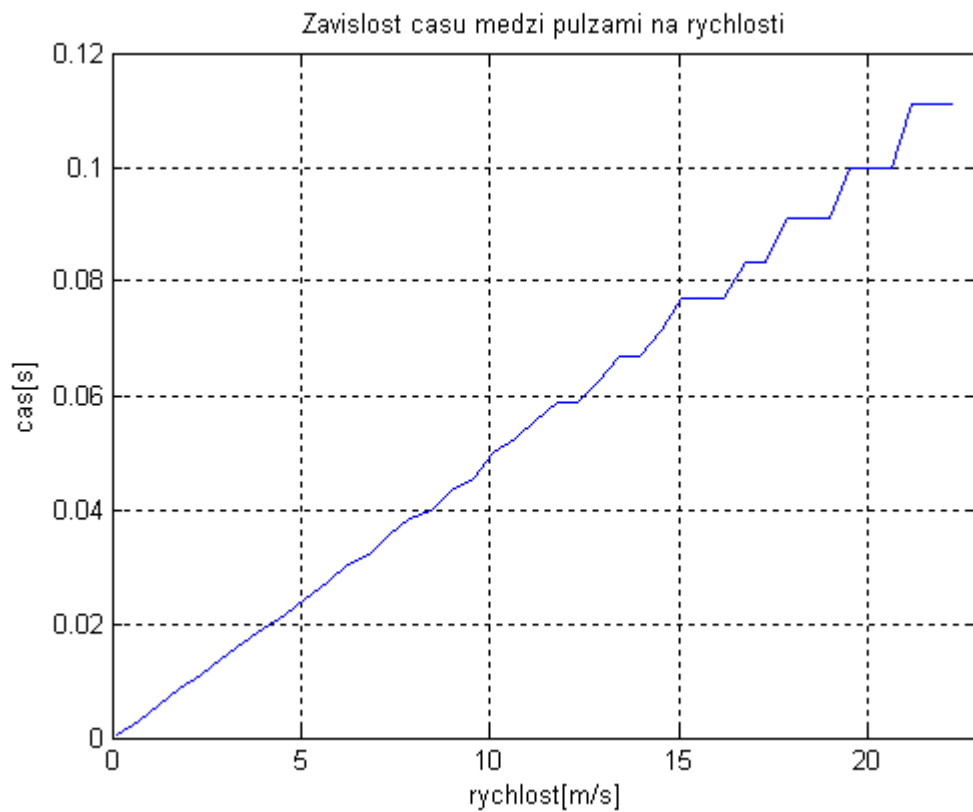


Obr. 37 Závislosť počtu pulzov na rýchlosti

Vynesením druhej zmeny t.j. časová závislosť medzi pulzmi na rýchlosti vozidla sa do medznej rýchlosti, nastavenej pri podmienke nič nemenilo a závislosť rástla lineárne. Prekročením tejto medznej rýchlosti závislosť pokračovala lineárne ale so vznikajúcou chybou (vid'. Obr. 38). Táto chyba bola ovplyvnená rôznymi aspektmi. Jeden z nich bol zvolený nízky počet pulzov pri vzorkovaní.

Hlavnou chybou, ktorá ovplyvnila charakteristiku bol fakt, že riadiaca jednotka vie reagovať len na celý počet pulzov nám vytvoril po zaokrúhlení danú chybu. Vzniknuté chyby je možné odstrániť, zvýšením počtu vzorkou pri zvolenej medznej rýchlosti alebo

zvýšením rýchlosti na ktorú boli pulzy určené. Tieto nápravné opatrenie však vedu, k zložitejšiemu prevodu čo sa týka veľkosti vyrovnávacej pamäte.



Obr. 38 Závislosť času medzi pulzmi na rýchlosti

## 6 Záver

Preštudovaním materiálov o typoch brzdových systémov vyšla z porovnania rôznych aspektov najlepšie elektronická klinová brzda, ktorá je ovládaná čisto elektronicky bez akejkoľvek hydrauliky, výsledkom čoho sú krátke reakčné časy a vysoká účinnosť pri brzdení a hlavne brzda v zapojení brake – by – wire vie ovládať každé koleso samostatne a tým aj riešiť funkciu ABS a ESP.

Subsystémy ako ESP a ASR v dnešnej dobe sa dostávajú do automobilov vo väčšej forme a stávajú sa štandardom dnešných vozidiel.

Systém ABS je veľmi zložitý systém slúžiaci pre kontrolovateľné brzdenie na akomkoľvek povrchu, ktoré človek nevie dosiahnuť. Môže obsahovať rôzne variácie zapojenia ovplyvňujúce brzdnu drahú a otáčavosť na vozovke z rôznymi povrchmi. Základom pre činnosť je získanie dát zo senzorov umiestnených v kolesách a následným ovplyvnením výšky tlaku spraviť akčný zásah v brzdových valcoch regulujúcich odchýlku.

Simulácia pre klasické brzdenie vychádzala z jednotlivých pohybových rovníc pri ktorých najväčšie ovplyvnenie vznikalo zmenou brzdového momentu, ktorý v našom ideálnom prípade bol konštantný. Na simulačnom modeli ABS boli nastavené hodnoty totožné z klasického brzdenia. Simulačný výsledok brzdnej dráhy bol o polovicu kratší. Dôvod je že model len reguluje odchýlku tak aby rýchlosť kolesa sa nachádzala v rozmedzí rýchlosti vozidla - 0 a nepočíta s brzdým tlakom ovplyvňujúcim brzdenie. Brzdna dráha systému ABS by mala byť najmenej taká istá ako pri klasickom brzdenie a nikdy nie kratšia. Tieto demonštračné simulácie by boli vyvrátené na výučbovom modeli.

Pre návrh modelu bolo treba zvládnuť základy programu PRO/ENGINEERING. Po niekoľkých modeloch, ktoré neobsahovali dynamickú zmenu prítlaku, vznikol finálny s dvoma servomechanizmy ovplyvňujúcimi brzdu a prítlak kolesa s vozovkou. Veľkým plusom výučbového modelu je možnosť simulácie brzdení na jednom kolese, alebo na viacerých keďže na modeli sa nachádzajú dva senzory, ktoré si dokážu vypočítať referenčnú rýchlosť vozidla. Rýchla výmena brzdy za iný typ umožňuje testovať rôzne druhy brzd.

## Zoznam použitej literatúry

- 30 ROKOV EVOLÚCIE BOSCH [online]. 2008 [cit.2008-1-17] Dostupný z WWW:<  
<http://rb-aa.bosch.com/bosch/infotech/nl-BE/PressText.cfm?mltk=253&tk=254&stk=265>>
- AUTO ČESKÁ REPUBLIKA. *Oficiální stránky* [online]. 2008 [cit.2008-1-17] Dostupný z WWW: <  
<http://new.skoda-auto.com/CZE/Pages/homepage.aspx> >
- AUTOLEXICON [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://sk.autolexicon.net/articles/sbc-sensortronic-brake-control>>
- AUTOLEXICON [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://sk.autolexicon.net/articles/abs-anti-lock-braking-system>>
- AUTOLEXICON [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://sk.autolexicon.net/articles/asr-antriebsschlupfregelung>>
- AUTOLEXICON [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://sk.autolexicon.net/articles/esp-electronic-stability-programme>>
- AUTOLEXICON [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://sk.autolexicon.net/articles/ewb-electronic-wedge-brake>>
- HISTÓRIA AUTOMOBILIZMU časť 1. [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.autodoplňky.cz/tuning-sk/historia-automobilizmu-1-cast-a356577>>
- MATHWORKS - MATLAB and Simulink for Technical Computing. 2011 [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW: <  
<http://www.mathworks.com/>>
- NOSKIEVIČ, P.: *Modelování a identifikace systémů*, Montanex a.s., Ostrava 1999, ISBN 80-7225-030-2
- ŠKODA AUTO a.s., Firemná literatúra, 2004
- VLK, František.: *Dynamika motorových vozidiel*. 2. vyd. Brno : Nakladateľstvo a vydavateľstvo Vlk, 2000. Obsahuje bibliografiu. ISBN 80-238-5273-6
- VLK, František.: *Elektronické systémy motorových vozidiel*. 2. vyd. Brno : Nakladateľstvo a vydavateľstvo Vlk, 2002. 2 sv. (298, 299 s.). ISBN 80-238-7282-6
- VLK, František.: *Prevodová ústrojí motorových vozidiel* 2. vyd. Brno : Nakladateľstvo a vydavateľstvo Vlk, 2003. 312 s. Obsahuje bibliografiu. ISBN 80-239-0025-6

## **Zoznam príloh**

- Príloha A: Navrhnuté modeli v programe Pro/Engineering  
Príloha B: Simulačné schémy Matlab-Simulink