

# Matematicko-fyzikální model vozidla

Lukáš Trejra

12. listopadu 2012

# Obsah

- 1 Vstupy a výstupy modelu
- 2 Model vozidla
  - Motor a převodovka
  - Odporové síly
  - Brzda
  - Spotřeba
- 3 Model řidiče
  - Reprezentace trasy
  - Řízení vozidla

# Motivace

## Motivace

- Simulátor se snaží přiblížit charakteristikám vozu Škoda Octavia Combi 2.0TDI
- Podpůrný nástroj pro vývoj regulátoru EcoDrive

# Vstupy modelu

## Vstup

- poloha plynového pedálu  $\langle 0, 1 \rangle$
- tlak v brzdové soustavě  $\langle 0, 25 \rangle$  [bar]
- zařazený rychlostní stupeň  $\{-1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

# Výstupy modelu

## Výstupy (výběr)

- Čas [s]
- Spotřeba [ $\mu$ l]
- Rychlost [ $ms^{-1}$ ]
- Příčné zrychlení [ $ms^{-2}$ ]
- Souřadnice [m]
- Kilometrovník [m]

# Fyzikální základ

- Postaven na knihovně ODE
- Zjednodušené reprezentuje základní fyzikální charakteristiky vozidla (rozměry, váha, poloha těžiště, rychlost a zrychlení)

# Fyzikální základ

- Model se skládá z karoserie vozidla a kol
  - Karosérie vozidla je zjednodušeně reprezentována tuhým tělesem ve tvaru kvádra
  - Kola jsou reprezentována válcem, kolizní těleso je z důvodu stability ve tvaru koule
  - Pohon vozidla motorem přes převodovku na přední kola

## Motor a převodovka

Motor vrací točivý moment v závislosti na poloze plynového pedálu lineárně.

$$M_{motoru} = kM_{max}$$

- Maximální moment  $M_{max} = 320 \text{ Nm}^{-1}$
- Poloha plynového pedálu v intervalu  $k \in \langle 0, 1 \rangle$



## Motor a převodovka

- Výsledný točivý moment přenášený na kola je

$$M_{kola} = M_{motoru} \cdot x_g \cdot x_d \cdot \mu.$$

- Otáčky motoru jsou počítány nepřímo podle

$$RPM = \frac{60v \cdot x_g \cdot x_d}{2\pi r}.$$

- Brzdná síla motoru

$$F_{bm} = k_{kp} \frac{RPM}{60}$$

## Odporové síly

Stanoveny jako výslednice působící v těžišti proti směru pohybu vozidla.

- První odporová síla je dána odporem vzduchu podle vztahu

$$F_{vz} = \frac{1}{2} C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

- Druhá síla je dynamický valivý odpor kol podle vztahu, která je odhadem stanovena jako

$$F_{dval} = 15 C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v.$$

- Třetí síla je statický valivý odpor kol podle vztahu,

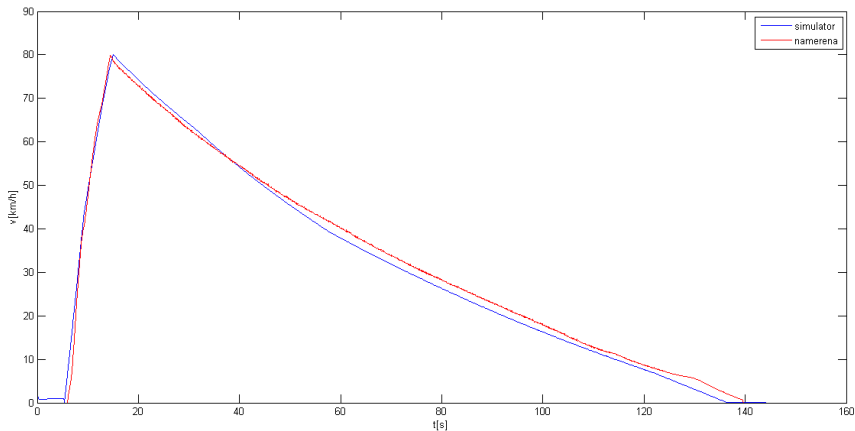
$$F_{sval} = \xi \frac{F_n}{R}.$$

# Dojezd

- Pro přiblížení průběhu dojezdu v simulaci reálnému vozidlu použít regresní polynom proložený daty z měření

$$y = b_5x^5 + b_4x^4 + b_3x^3 + b_2x^2 + b_1x + b_0$$

# Dojezd



# Brzda

Brzdná síla závisí na poloze brzdového pedálu lineárně.

$$F_{br} = k \cdot m \cdot a_{maxbr}$$

- Maximální brzdné zpomalení  $a_{maxbr} = 3 \text{ m.s}^{-2}$
- Poloha brzdového pedálu v intervalu  $k \in \langle 0, 1 \rangle$  odpovídá lineárně tlaku v brzdové soustavě  $\langle 0, 25 \rangle$  [bar].

## Natočení kol

- Poměr mezi natočením kol a volantů je  $x_w = \frac{1}{12}$ .
- Úhly natočení jsou:

$$\psi' = \arctan \frac{l}{R_t - \frac{b'}{l}} \quad (1)$$

$$\psi'' = \arctan \frac{l}{R_t + \frac{b'}{l}} \quad (2)$$

- Záklon rejdového čepu je  $7.3^\circ$ .

# Spotřeba

- Spotřeba vychází ze zákona zachování energie a především závisí na výkonu přenášeného na kola, a je počítána podle vztahu

$$S = k_{sp}P + k_{dP} \frac{dP}{dt},$$

přičemž

$$P = \frac{2\pi \cdot M_{kola} \cdot RPM}{60}$$

## Reprezentace trasy

- Generována z naměřených dat na testovací trati
- Soubor na sebe navazujících bodů určujících souřadnice, max. rychlost, sklony, poloměr oblouku, doporučenou rychlost
- Soubor bodů slouží jako navigační trajektorie pro řidiče



# Řízení vozidla

- Příčné vedení vozidla při průjezdu testovací tratí zajišťuje PID regulátor
- Pokud je simulátor spuštěn samostatně je rychlost regulována na základě doporučené rychlosti jednotlivých bodů testovací trasy
  - Zpomaluje hlavně pomocí motoru, pokud to nestačí přibrzdí proporcionálně

Děkuji Vám za pozornost