

Optimalizace regulačního algoritmu MR tlumiče

Zbyněk Strecker

ústav
konstruování

Institute of Machine and Industrial Design
Faculty of Mechanical Engineering
BUT

6.11.2013

Obsah

- Úvod
- Současný stav poznání
- Vymezení cílů
- Metodický přístup k řešení
- Analýza a interpretace
- Závěr

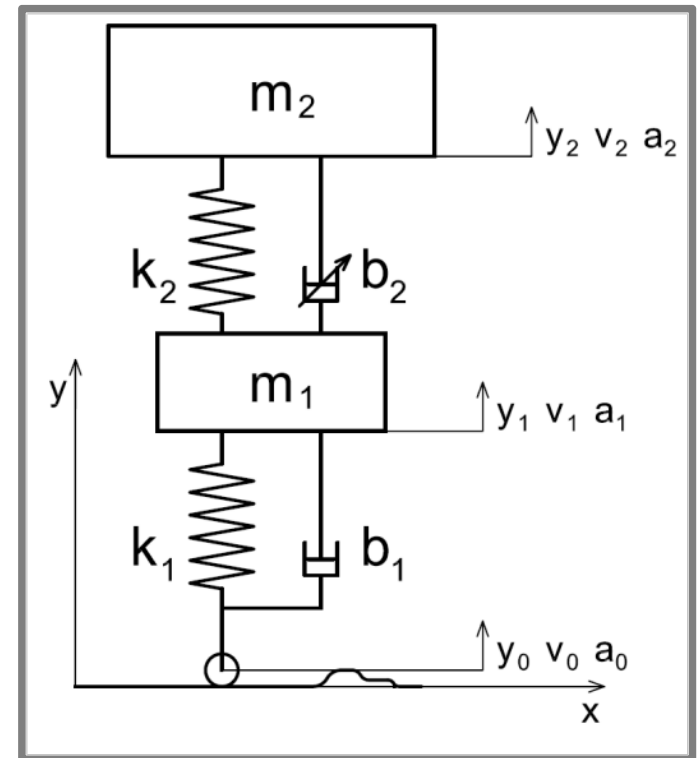


Cíle odpružení automobilu:

- Minimalizace a_2 (komfort)
- Maximalizace přítlaču kola na vozovku (bezpečnost)

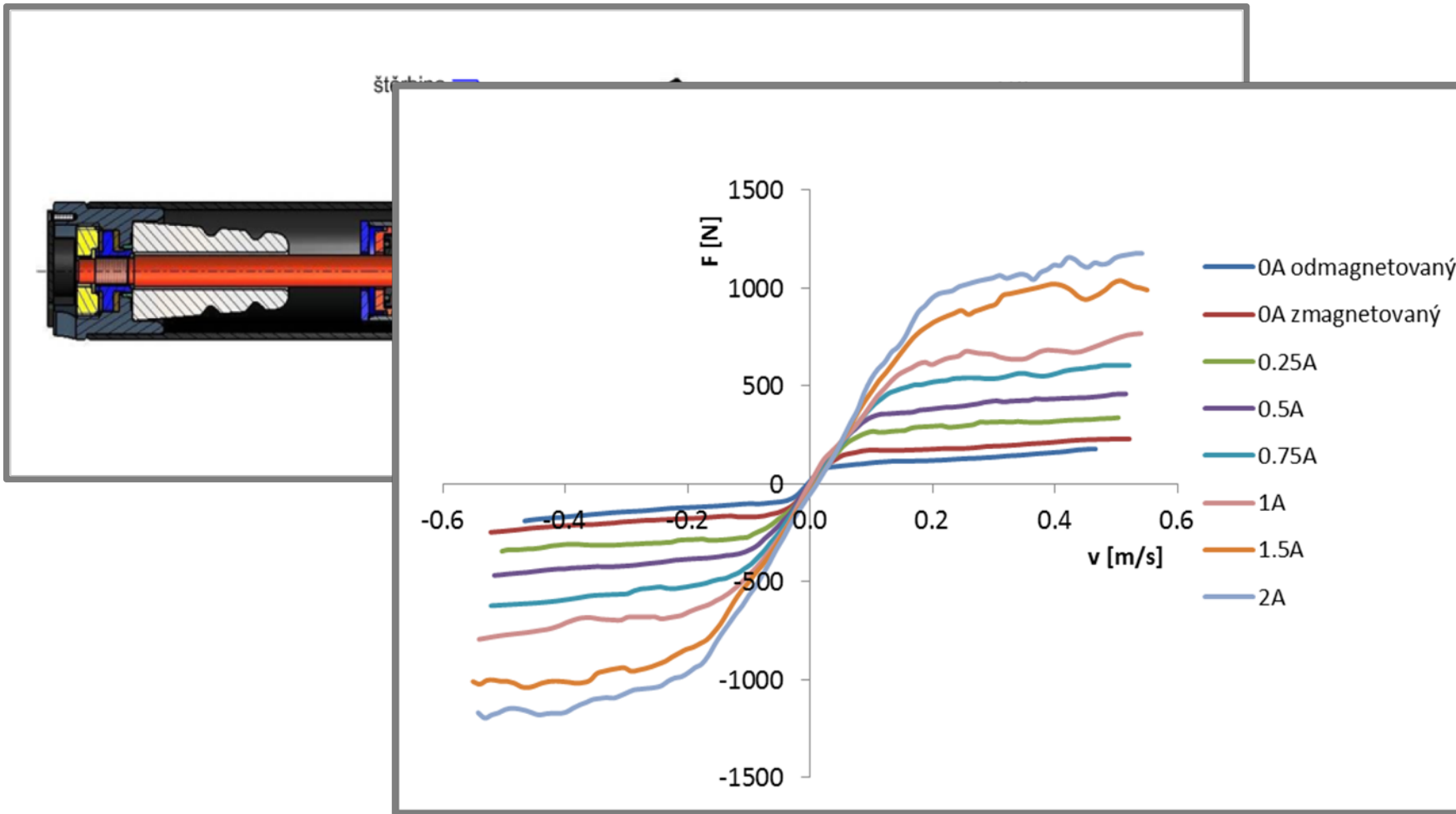
Typy odpružení

- Pasivní
- Semi-aktivní
- Aktivní

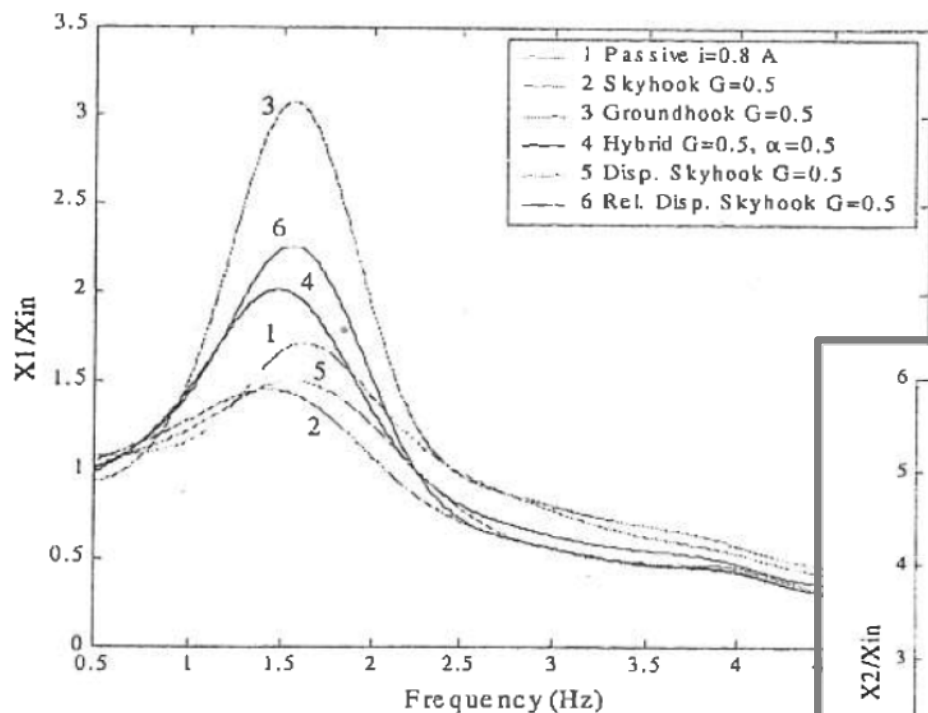




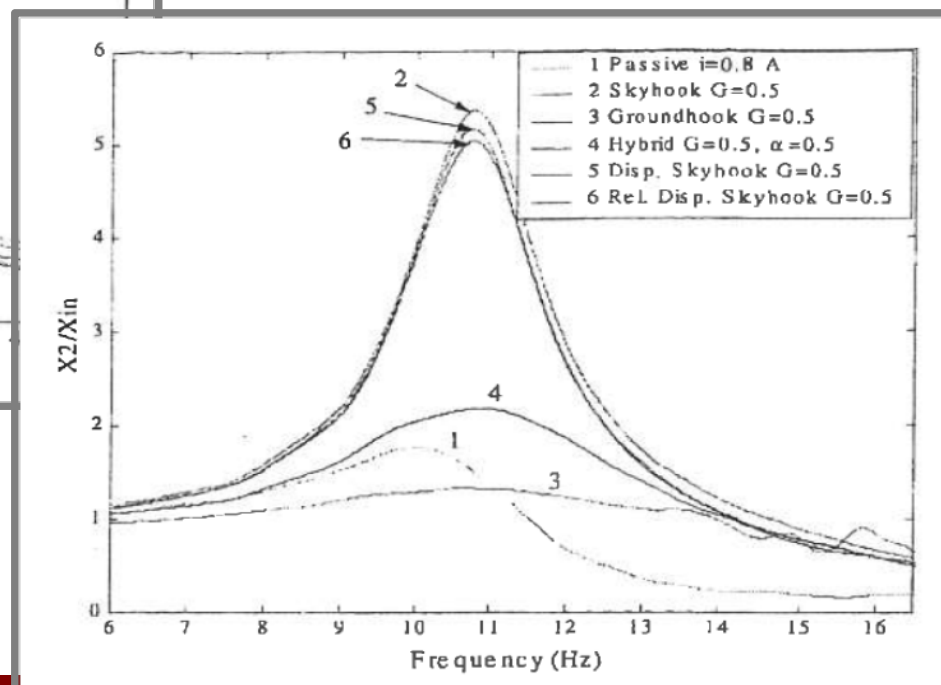
MR tlumič



Semiaktivní algoritmy řízení



- Algoritmy zlepšující komfort (Skyhook, acceleration driven control, balance control) (Karnopp, Ahmadian, atd.)
- Algoritmy zlepšující přítlak (Groundhook) (Ahmadian)



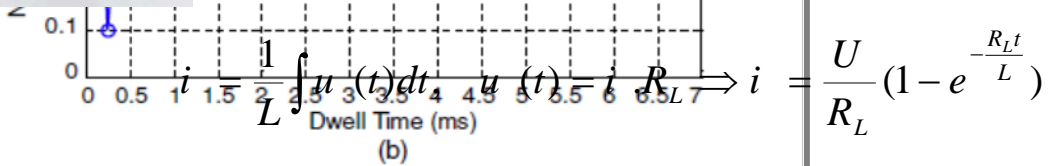
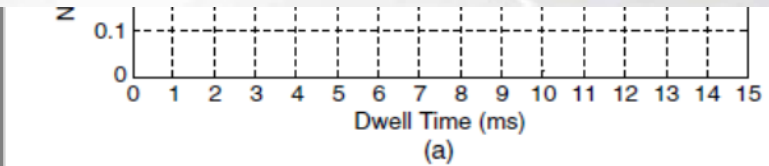
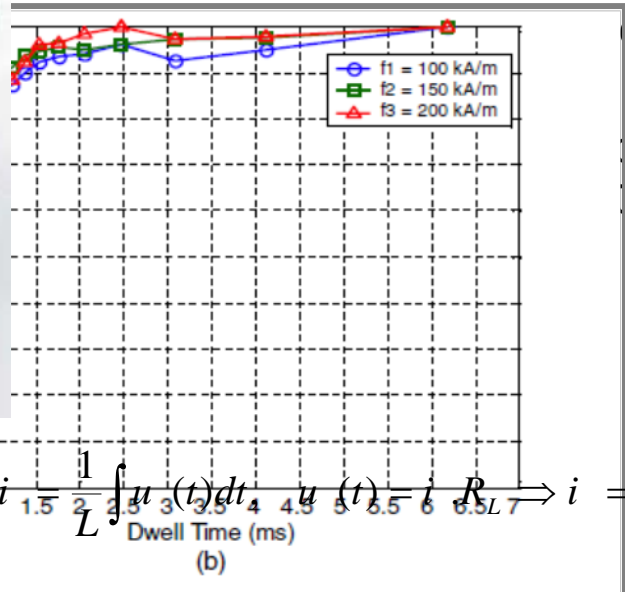
■ Problem – neuvazuje se dynamika MR tlumiče

$$\begin{cases} b\dot{x}, \dot{x}(x - x_0) > 0 \\ 0, \dot{x}(x - x_0) < 0 \end{cases}$$

Omezující parametry MR tlumiče



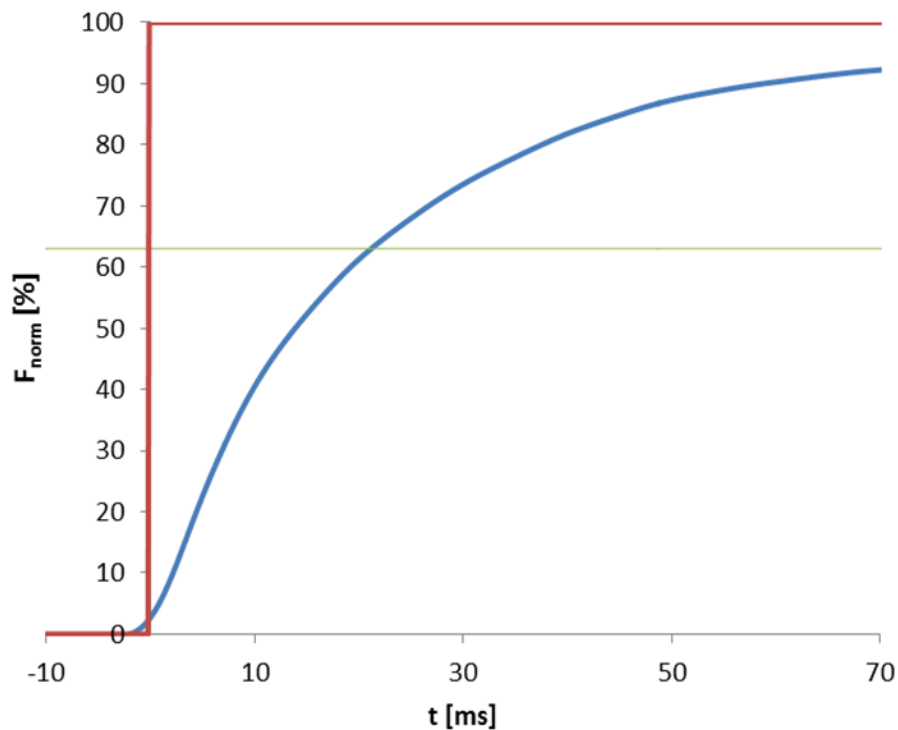
- Regulační rozsah MR tlumiče
 - Konstrukční řešení tlumiče (Carlson)
 - Degradace kapaliny (Ulicny, Sunkara, Roupec)
- Celková doba odezvy MR tlumiče (Koo)
 - Odezva MR kapaliny (Gonkalves)



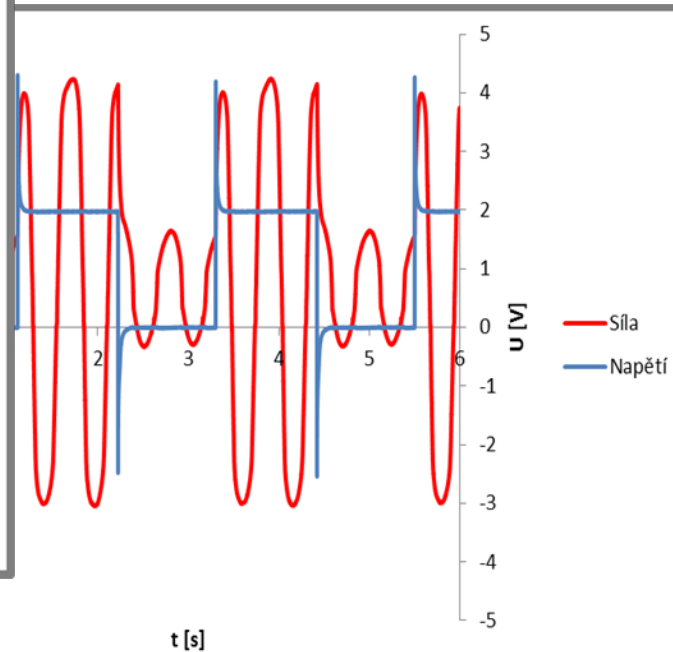
řídící signál
 indukce na
 (with)

- **Analýza limitujících parametrů MR tlumiče**
- **Návrh optimálního regulátoru proudu pro MR tlumič**
- **Realizace fyzikálního modelu závěsu kola pro účely testování semiaktivních algoritmů**
- **Sestavení virtuálního modelu automobilu pro účely posuzování efektivity semiaktivních algoritmů**
- **Experimentální ověření efektivity semiaktivních algoritmů na fyzikálním modelu závěsu kola**

■ Měření dynamických charakteristik MR tlumiče

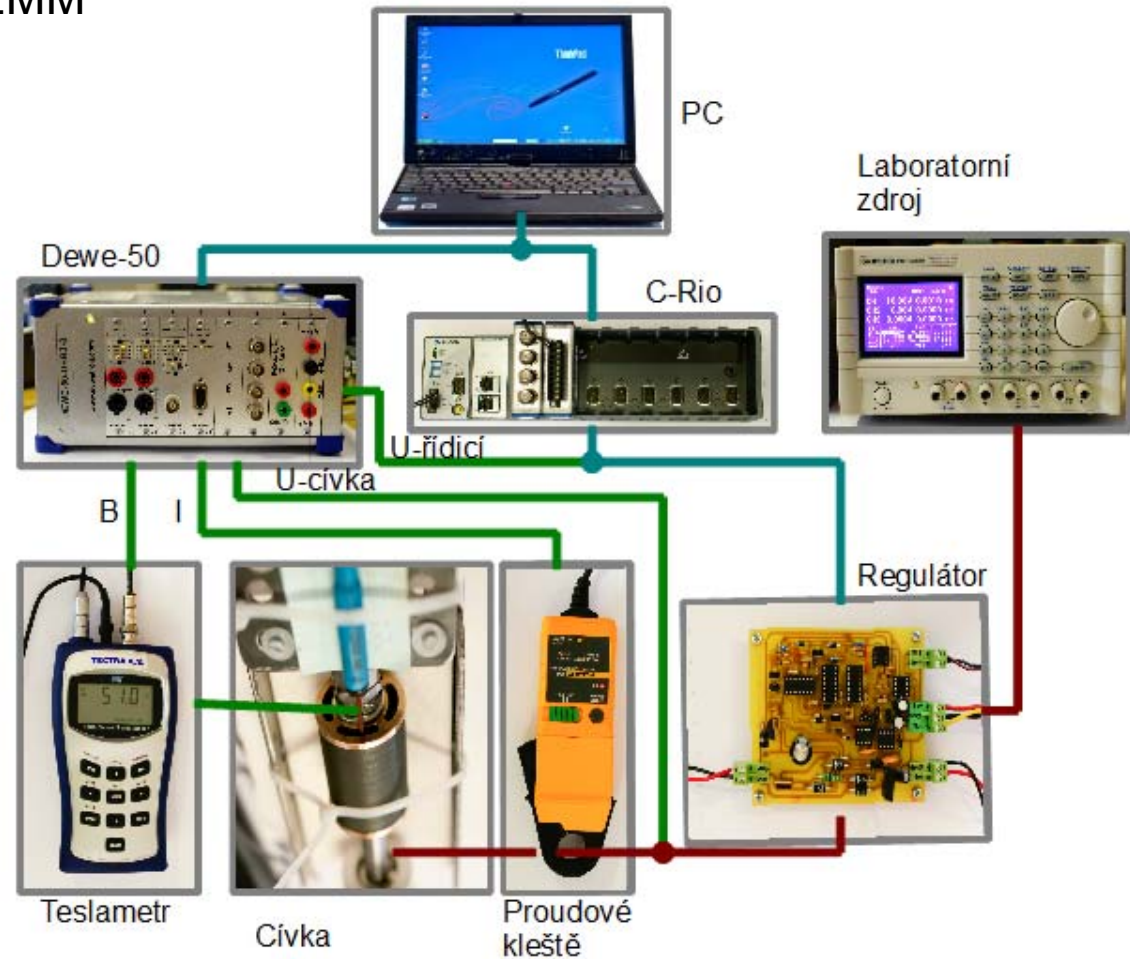
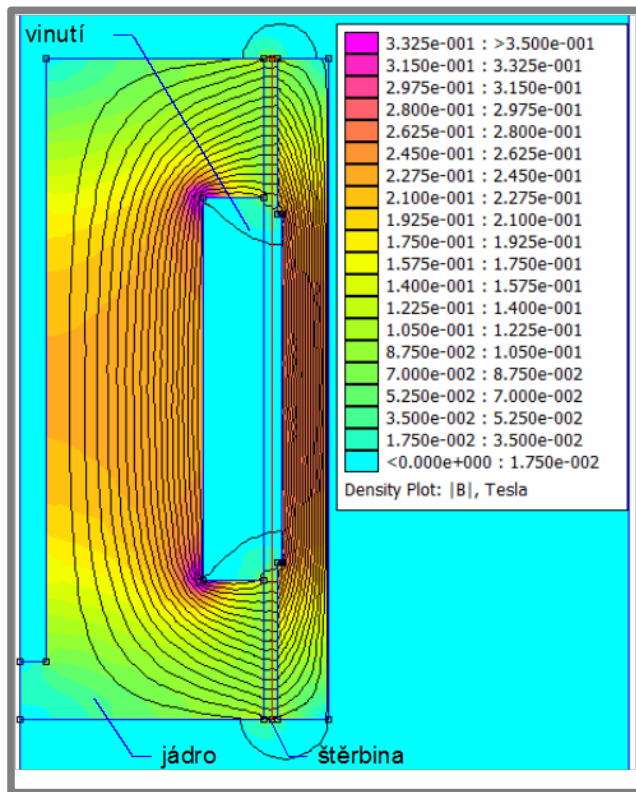


-3000



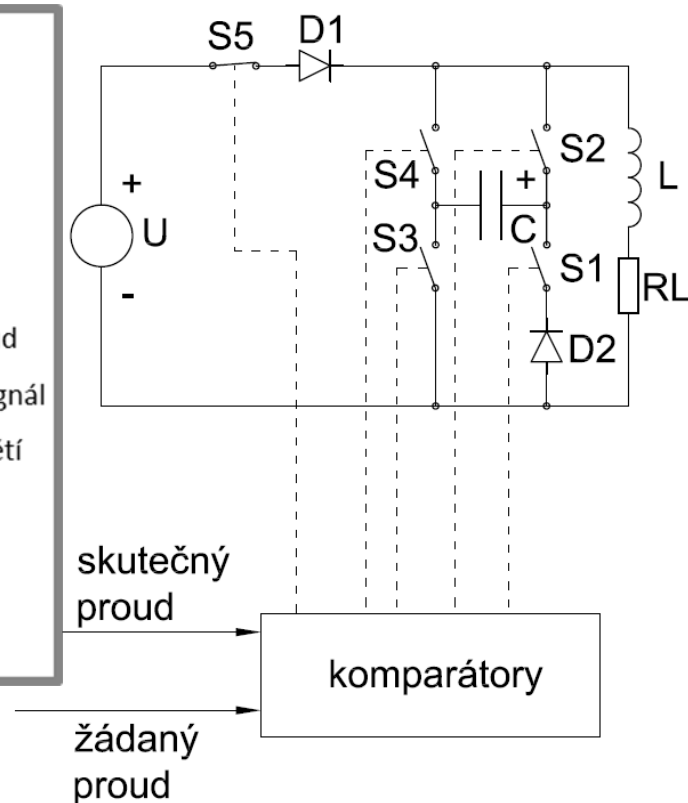
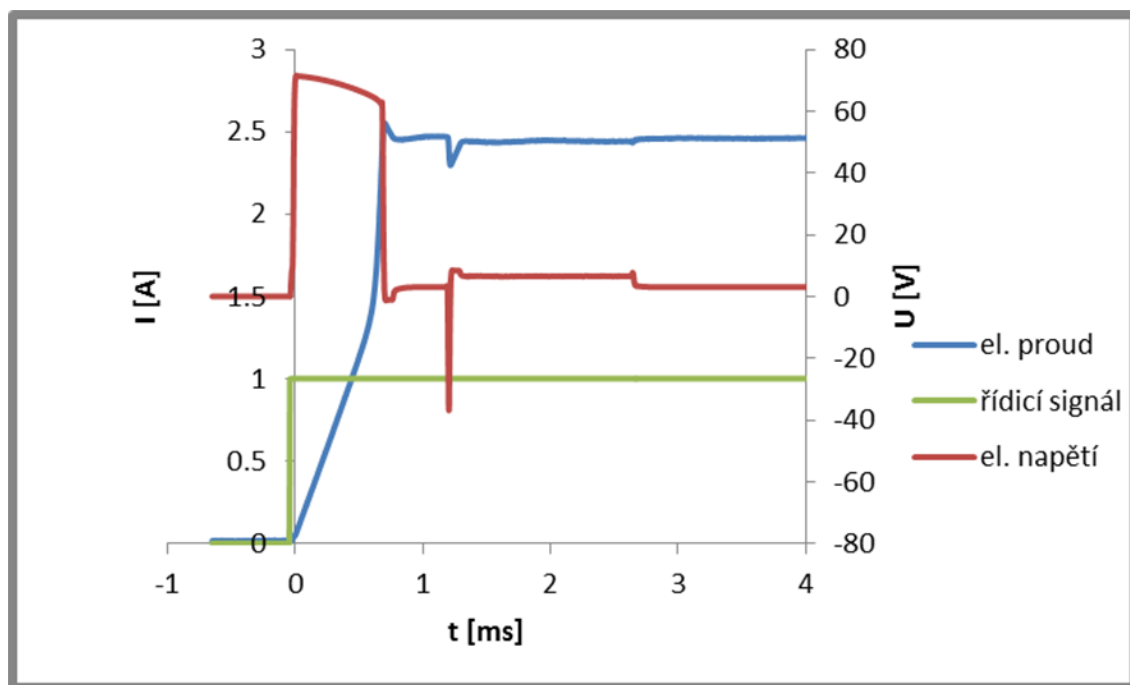
■ Zjištění vlivu vířivých proudů na celkovou dobu odezvy

- FEM simulace – SW FEMM
- Měření mag. indukce



■ Patentované řešení PWM proudového regulátoru

$$i = \frac{1}{L} \int u(t) dt, \quad u(t) = i R_L \Rightarrow i = \frac{U}{R_L} (1 - e^{-\frac{R_L t}{L}})$$

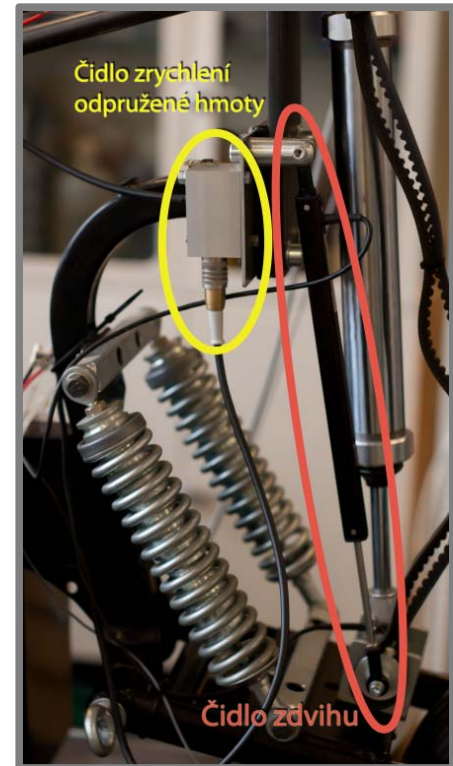
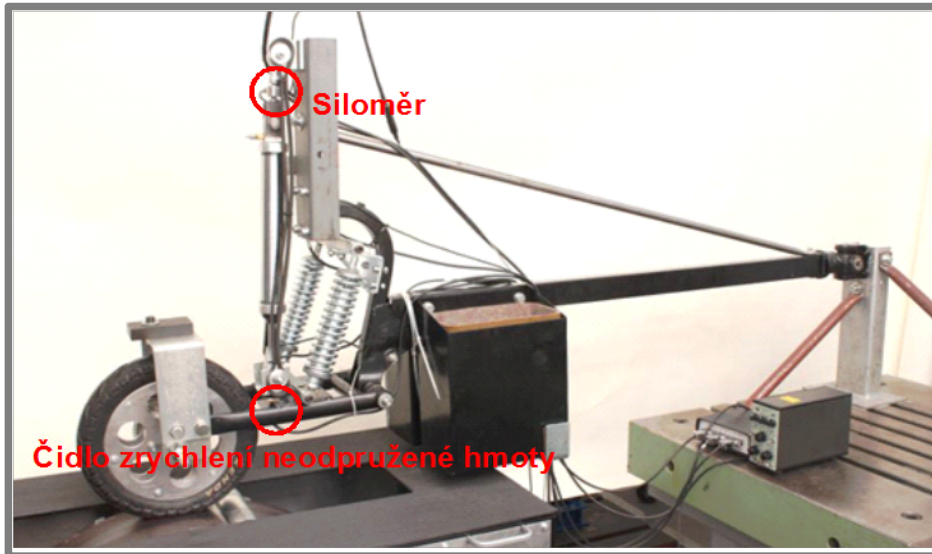


■ Čtvrtinový zmenšený model závěsu

- Modální parametry odpovídají zadnímu závěsu Škody Fabie
- Vytvořen odpovídající model v Matlabu

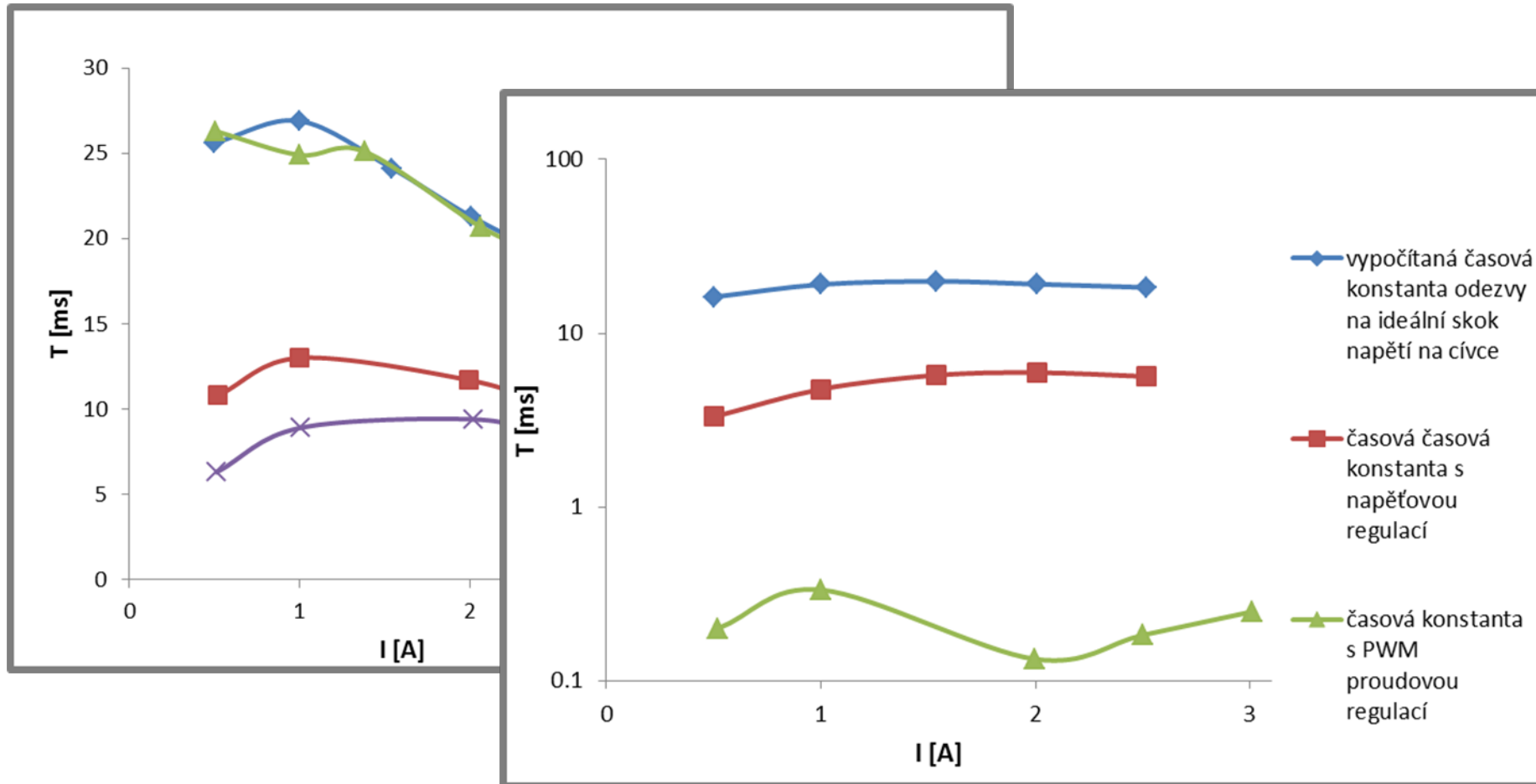
■ Metodika vyhodnocení kvality odpružení

- Komfort :
$$\sigma(a_2) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_2^2}$$
- Bezpečnost jízdy:
$$\sigma_F = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F - F_{stat})^2}$$

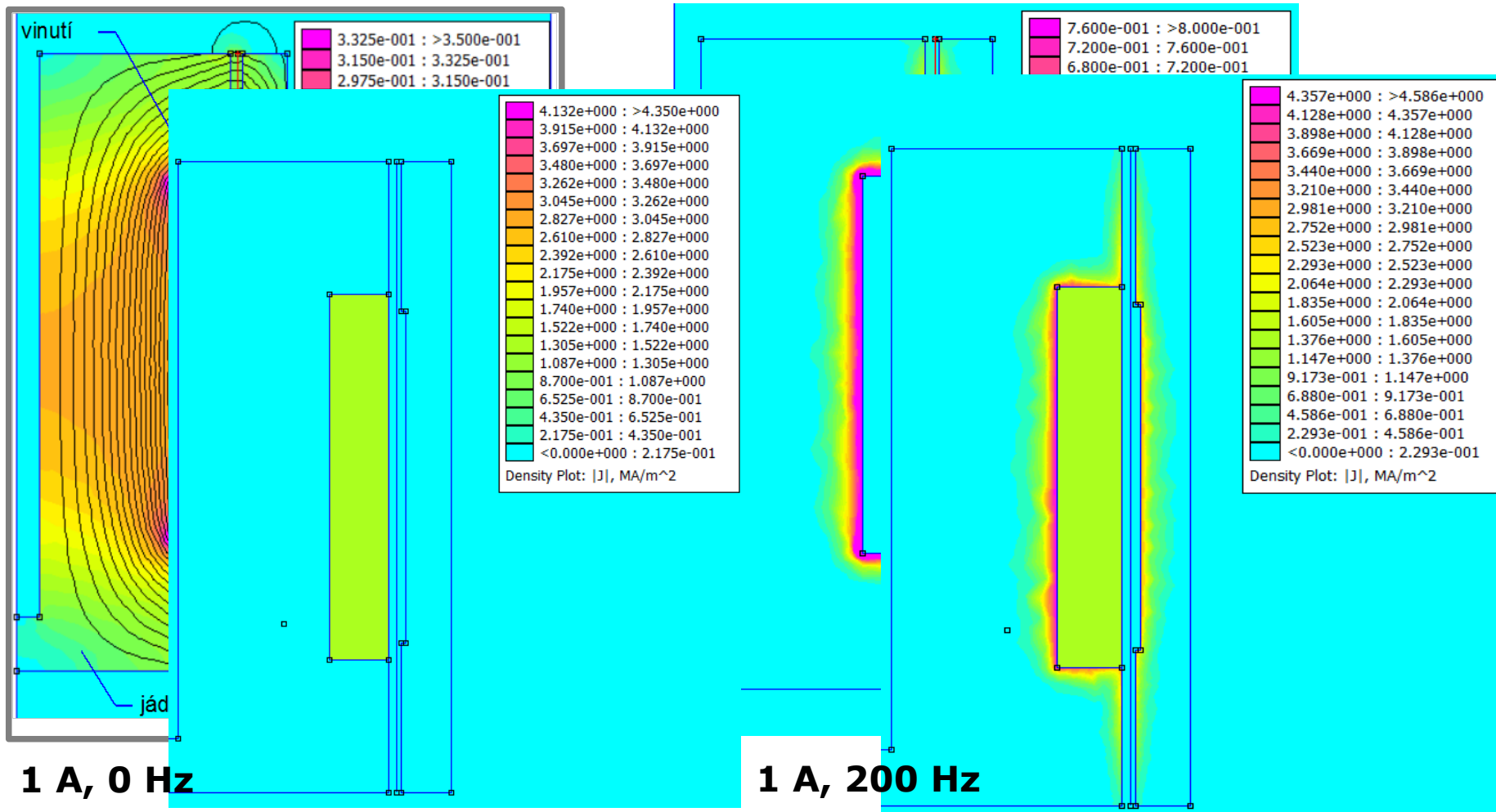


■ Doba odezvy MR tlumiče

■ Doba odezvy el. proudu v závislosti na použité regulaci

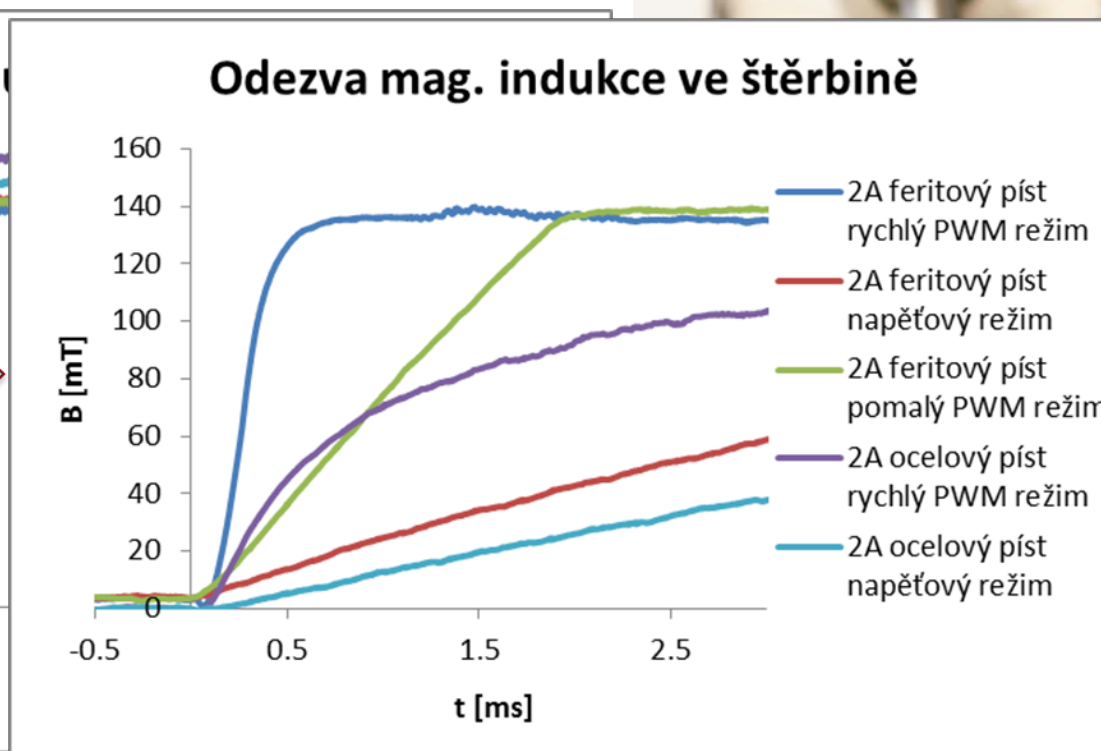
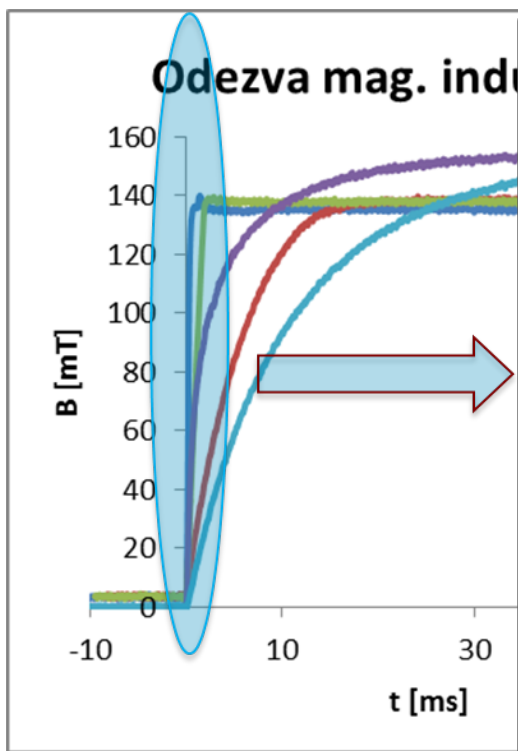
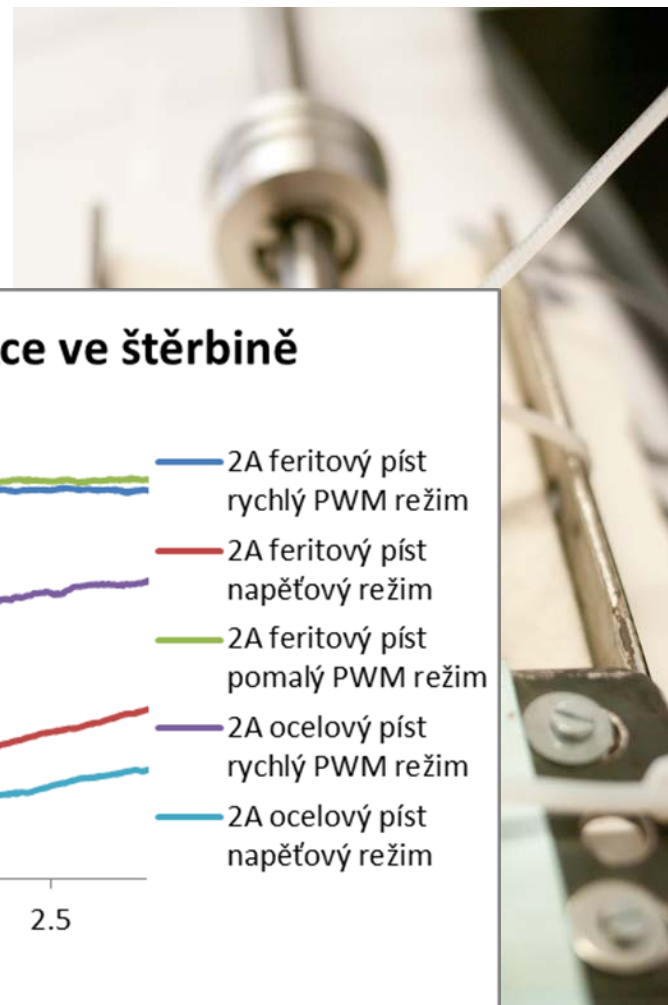


Simulace magnetické indukce



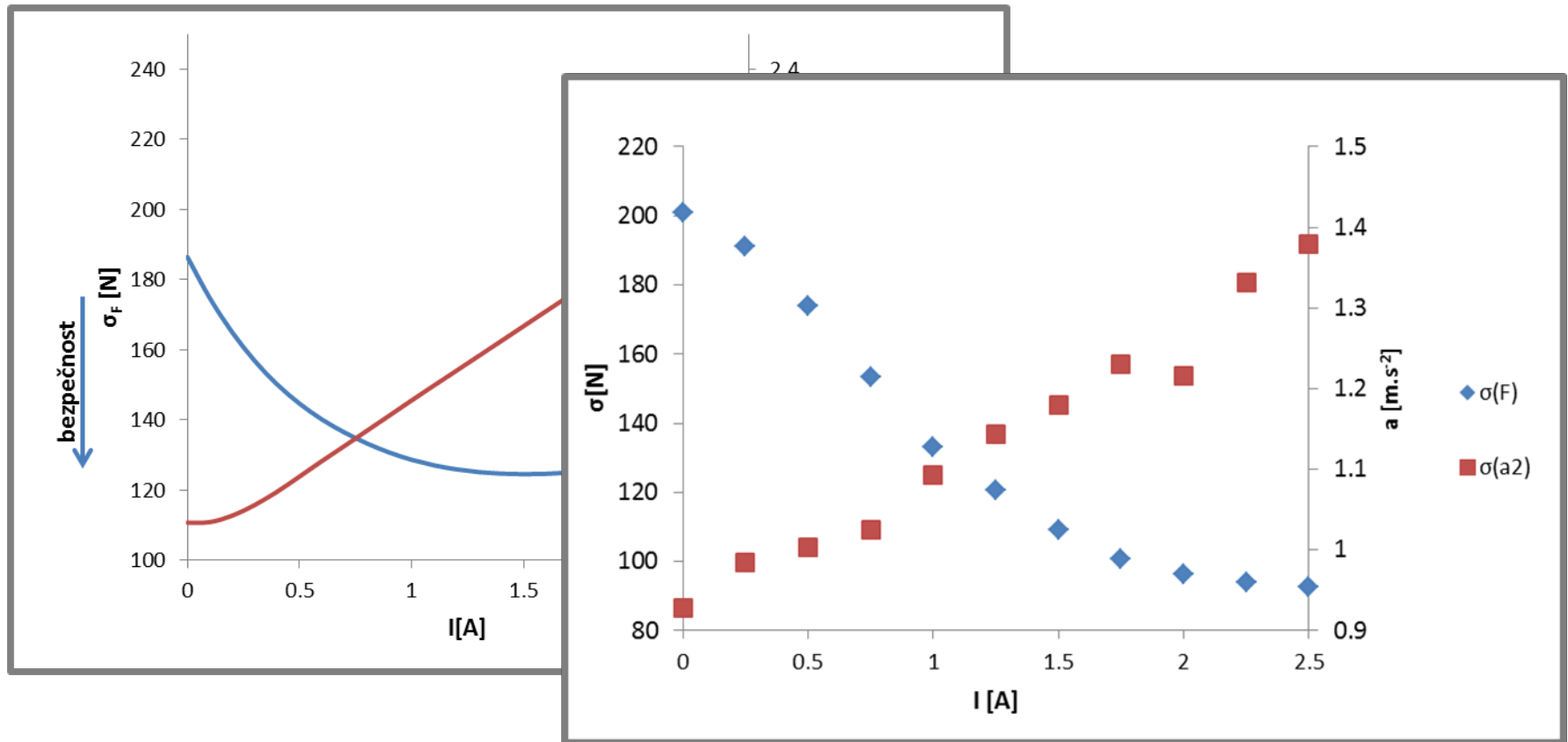
Řešení problému vířivých proudů

- Návrh pístu z feritového materiálu



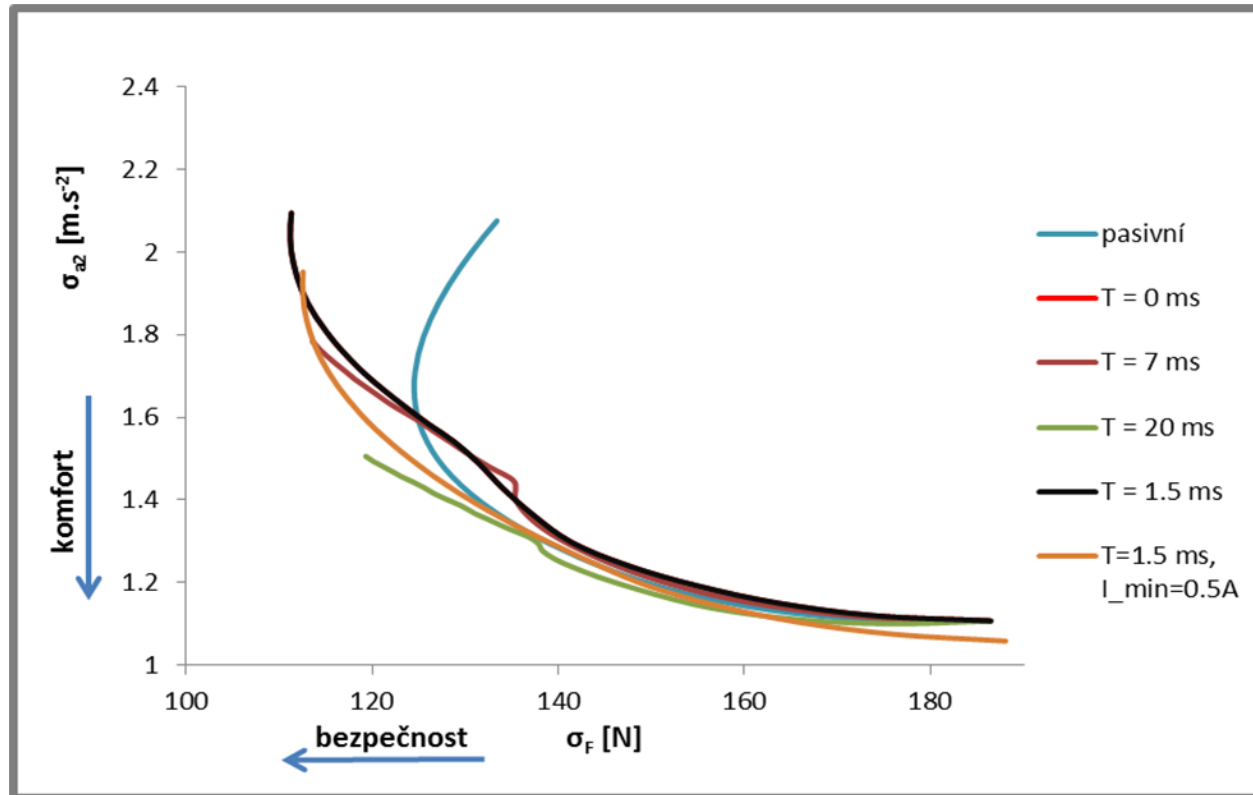
Porovnání kvality odpružení semiaktivních algoritmů

■ Pasivní nastavení



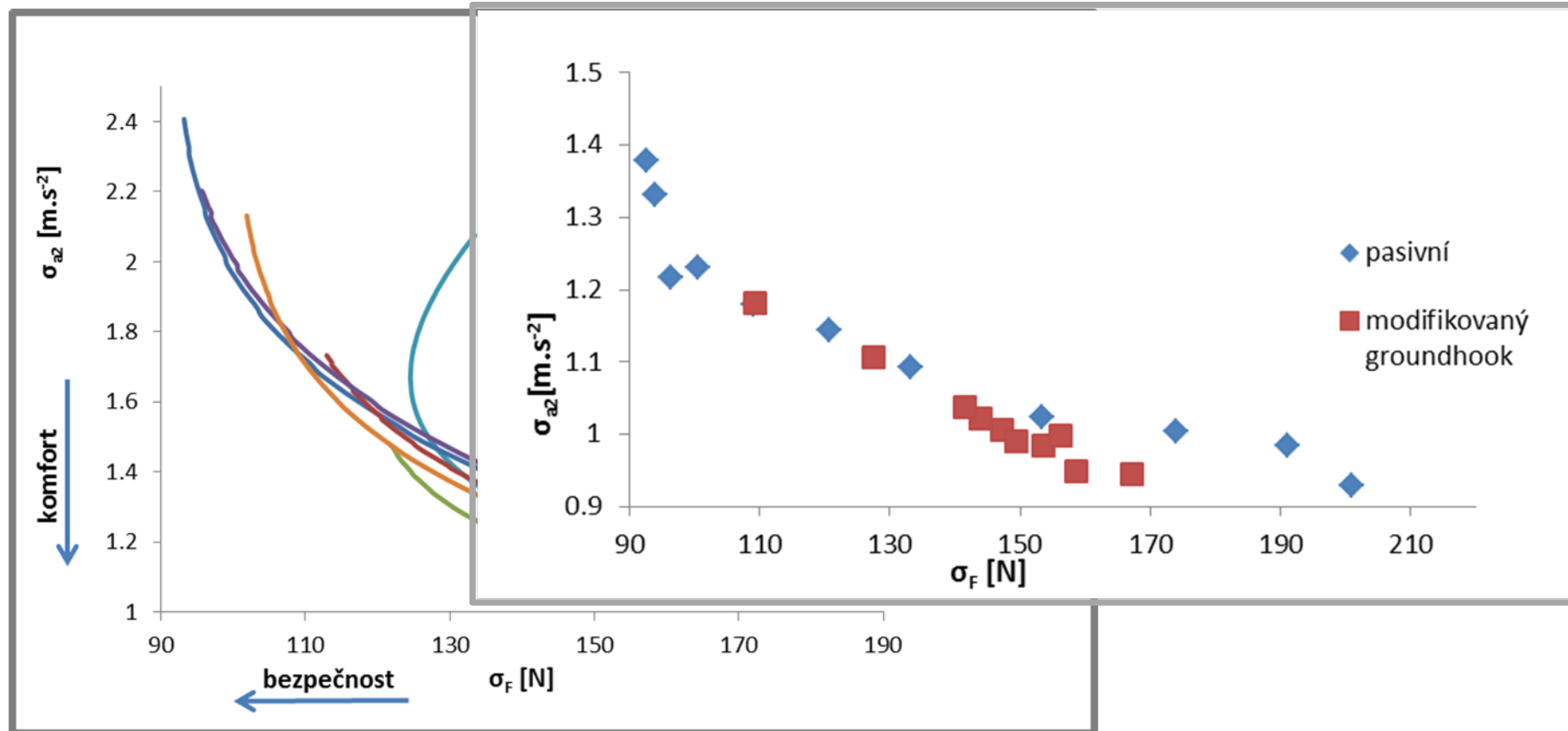
Porovnání kvality odpružení přejezdové zkoušky

- Groundhook
- Nutná znalost relativní rychlosti neodpružené hmoty vzhledem k vozovce



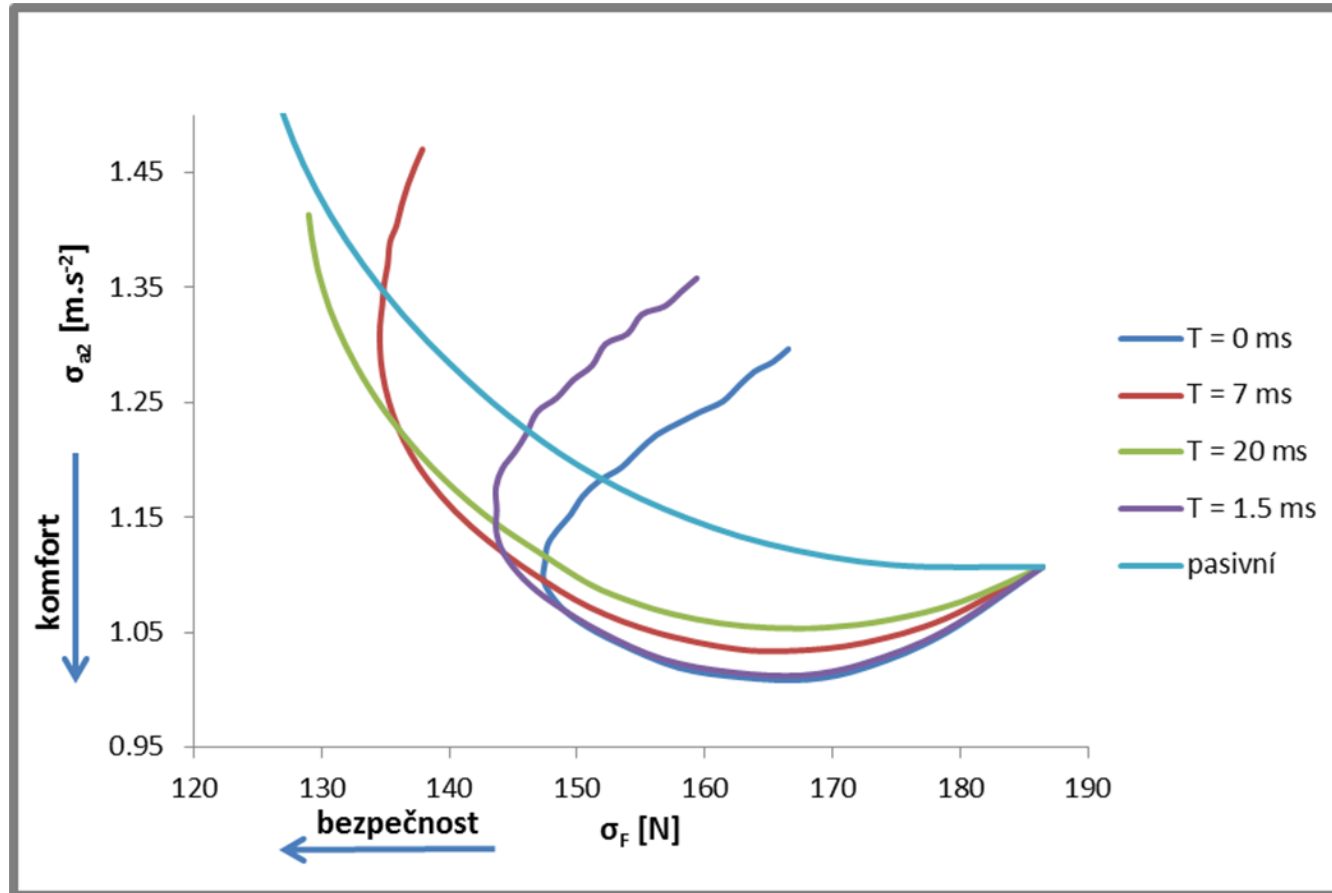
Porovnání kvality odpružení přejezdové zkoušky

- Modifikovaný groundhook
- Jednodušší implementace, velmi dobré výsledky



Porovnání kvality odpružení přejezdové zkoušky

■ Skyhook





Splnění cílů dizertační práce

- Byl potvrzen a popsán zásadní vliv časové odezvy MR tlumiče na efektivitu semiaktivních algoritmů řízení MR tlumiče.
- Byl navržen optimální PWM proudový regulátor, který je schopný i u současných MR tlumičů značně urychlit jejich dobu odezvy.
- Byly navrženy úpravy stávající konstrukce MR tlumiče snižující dobu odezvy MR tlumiče na úroveň řádově jednotek milisekund, což umožňuje efektivní využití algoritmů typu Groundhook.



Publikace:


- STRECKER, Z.; RŮŽIČKA, B. The Application of MR Dampers in the Field of Semiactive Vehicle Suspension. In *Mechatronics*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. 2011. p. 149 - 154.
- MAZŮREK, I.; ROUPEC, J.; KLAPKA, M.; STRECKER, Z. Load and rheometric unit for the test of magnetorheological fluid. *MECCANICA*. 2013. 48(3). p. 631 - 641.
- DLUGOŠ, J.; ROUPEC, J.; STRECKER, Z.; MAZŮREK, I. Problems of FEM Simulation of Magnetorheological Clutch's Magnetic Circuit. In *Engineering Mechanics 2013*. 19th international Conference. Praha, IT ASCR. 2013. p. 29 - 30.
- ROUPEC, J.; MAZŮREK, I.; STRECKER, Z.; KLAPKA, M. The Behavior of the MR Fluid During Durability Test. *Journal of Physics: Conference Series*. 2012. 412(1). p. 1 - 8.

Patent:

- PV-2013 15 Ovládací obvod magnetoreologického tlumiče



Z. Strecker

 Institute of Machine
and Industrial Design