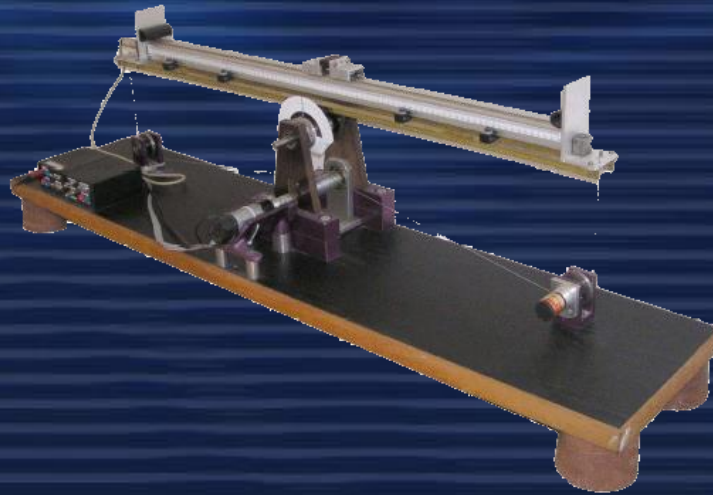


Řízení modelu koule na tyči se třením



Ústav mechaniky / odbor mechaniky těles

2004

Ladislav Kahoun

Úvod

➤ Cíl práce

- vytvoření nelineárního simulačního modelu bez tření a se třením
- navržení modelů tření pro účely návrhu řízení
- provedení syntézy řízení modelů bez i se třením s využitím spojitých modelů tření
- provedení experimentů na reálném modelu za účelem identifikovat tření

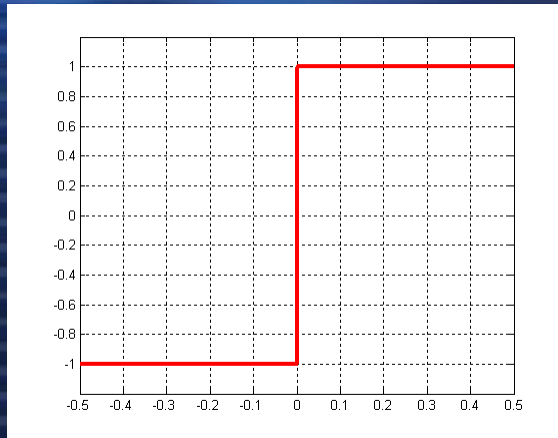
Simulační modely

- metodou Lagrangeových rovnic druhého druhu
- metodou Uvolnění
- metoda Ekvivalence

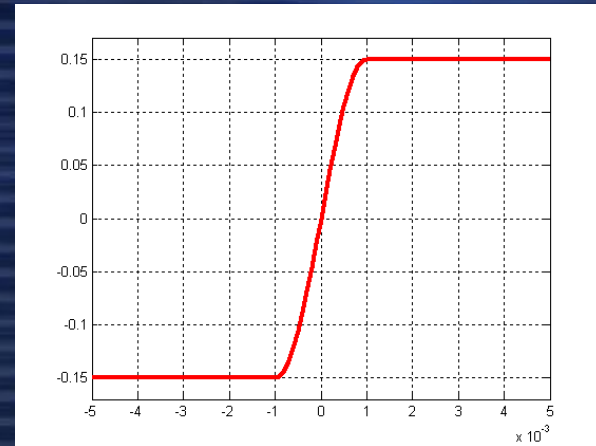
$$\left(m \ddot{a} \right) \left(\frac{\partial \dot{v}}{\partial \dot{s}} \right) = \frac{d}{dt} \frac{\partial E_K}{\partial \dot{s}} - \frac{\partial E_K}{\partial s}$$

Návrhy modelů tření

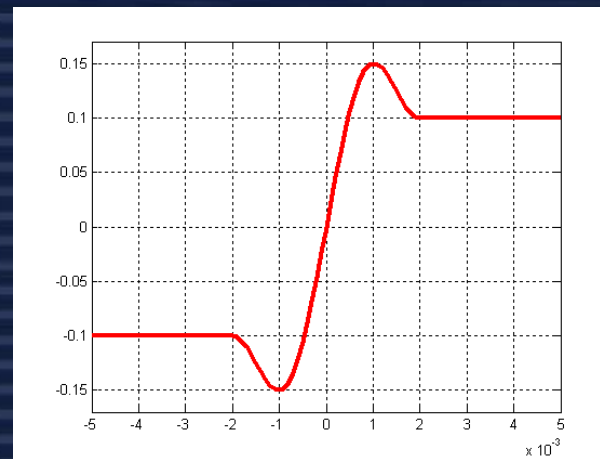
a)



b)



c)



Metody řízení

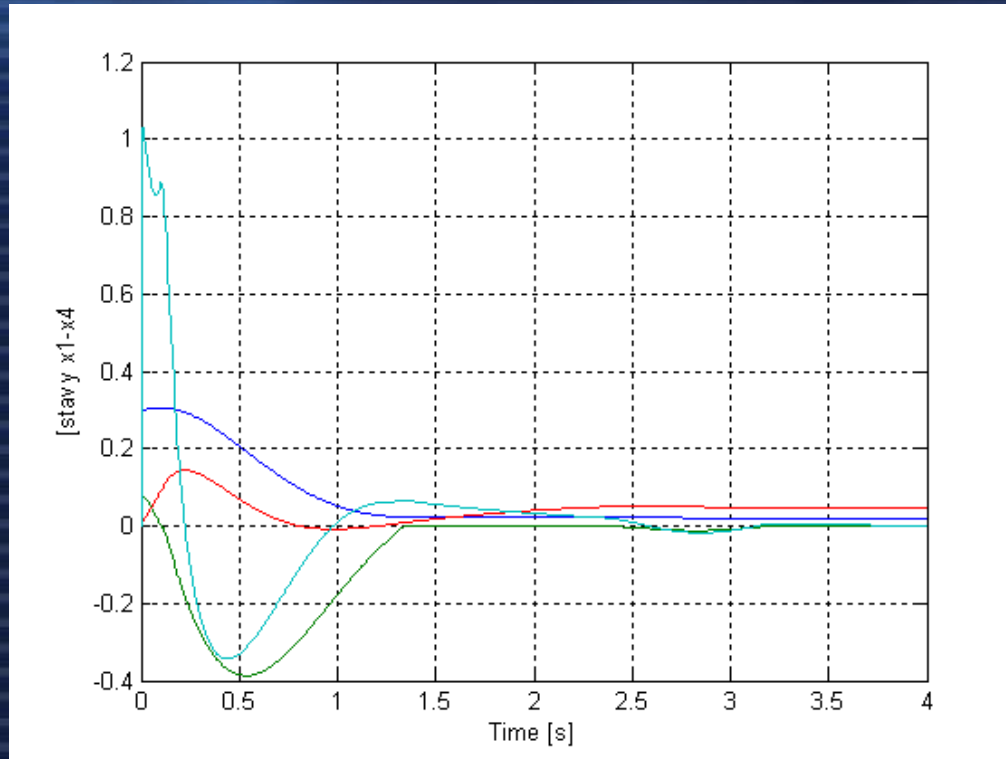
- LQR (pro systém $\dot{x} = A.x + B.u$)
 - linearizace
- NQR
 - metoda transformace systému
 - A-dekompozice

$$\dot{x} = f(x) + g(x).u$$

na

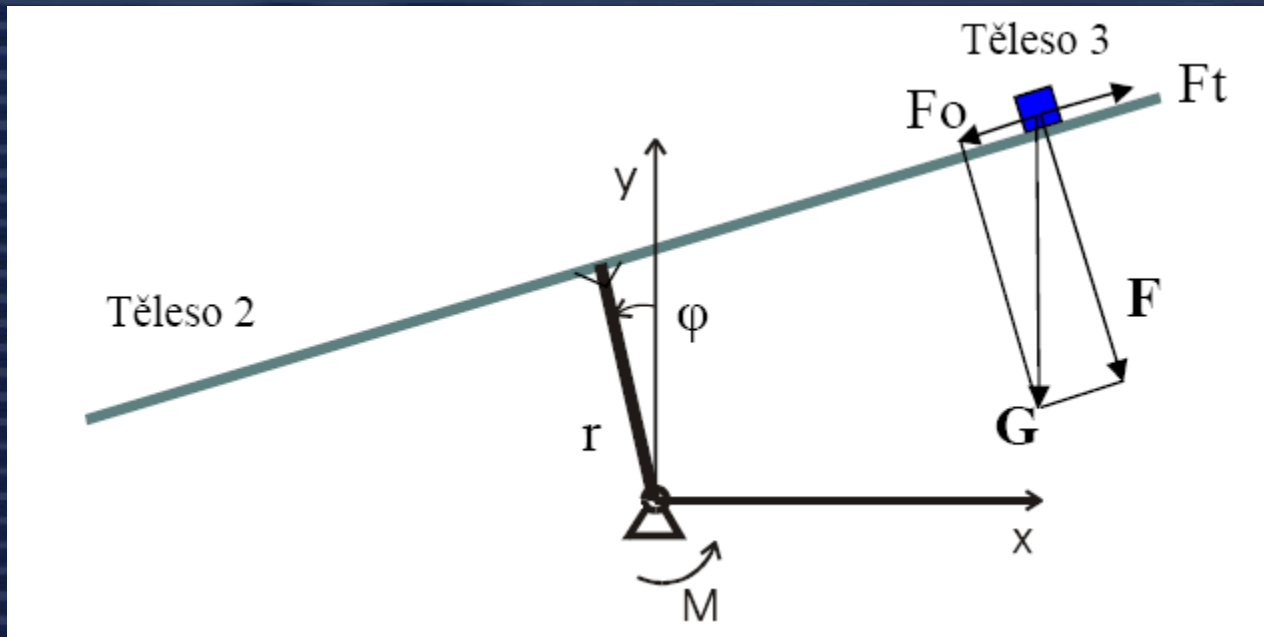
$$\dot{x} = A(x).x + g(x).u$$

Výsledek simulace se třením



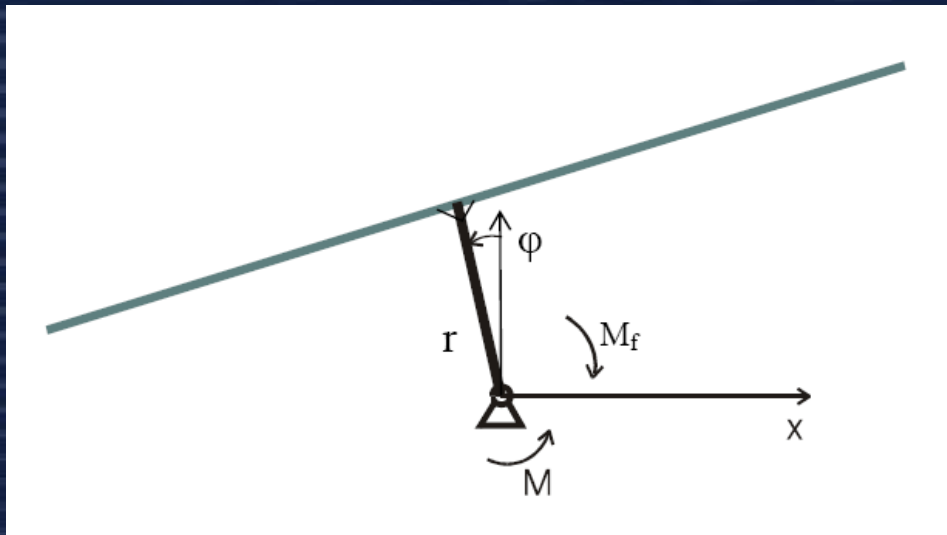
Identifikace tření

- Pro pohyb vozíčku
 - identifikace smykové složky tření
 - identifikace adhezní složky tření



Identifikace tření

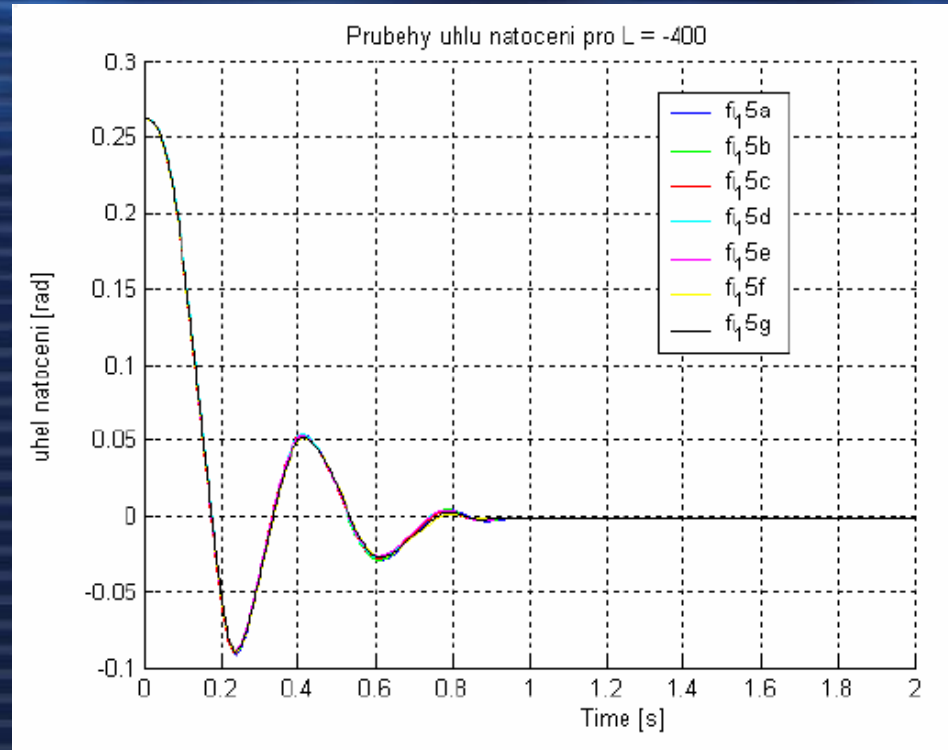
- Pro pohyb vodící tyče
 - identifikace pomocí tlumení vlivem smykového tření



$$M = -L * \varphi$$

$$\ddot{\varphi} + \left(\frac{K}{I} L \right) \varphi = \frac{K}{I} (\pm M_f)$$

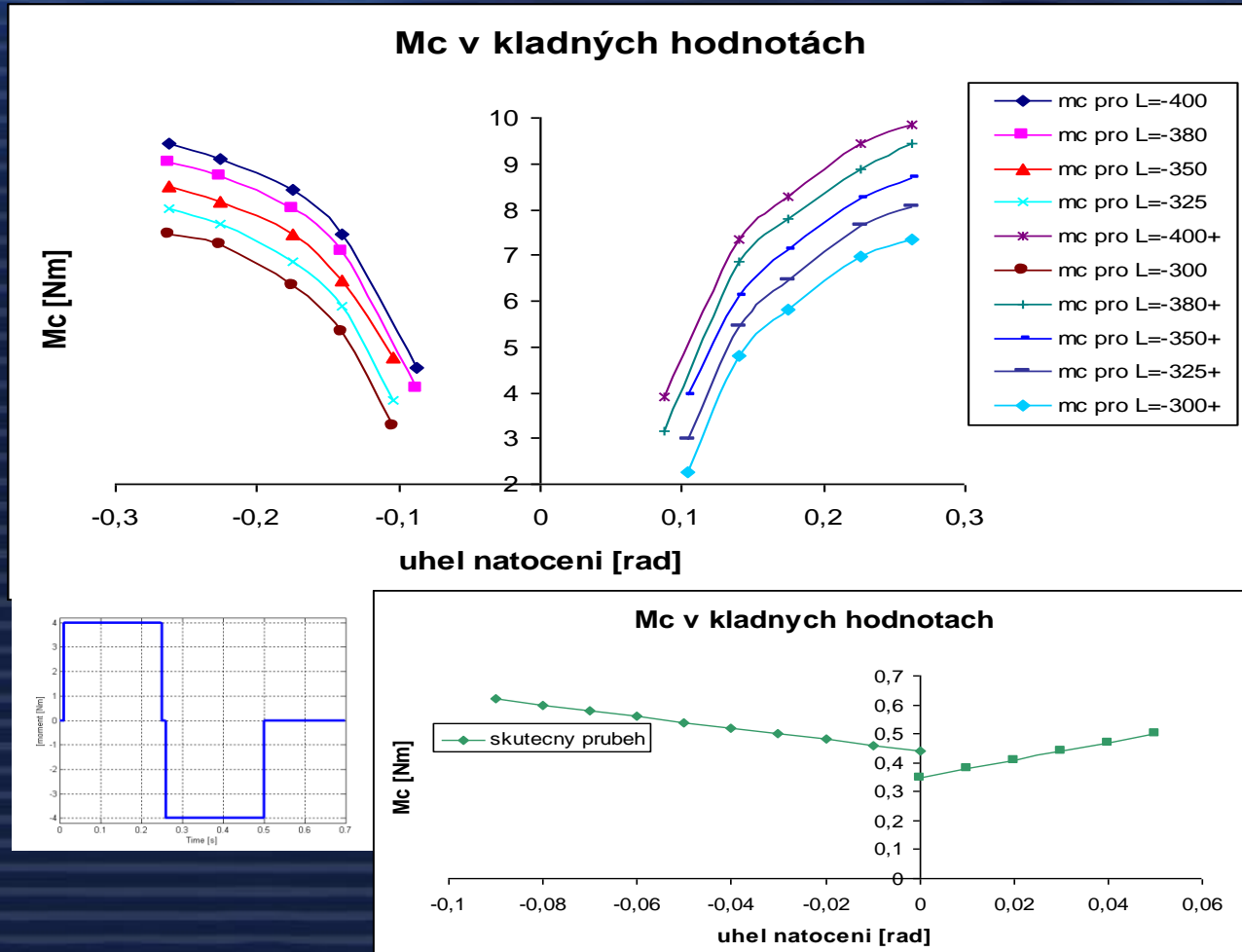
Tlumení vlivem smykového tření



- počet měření
- získaný průběh

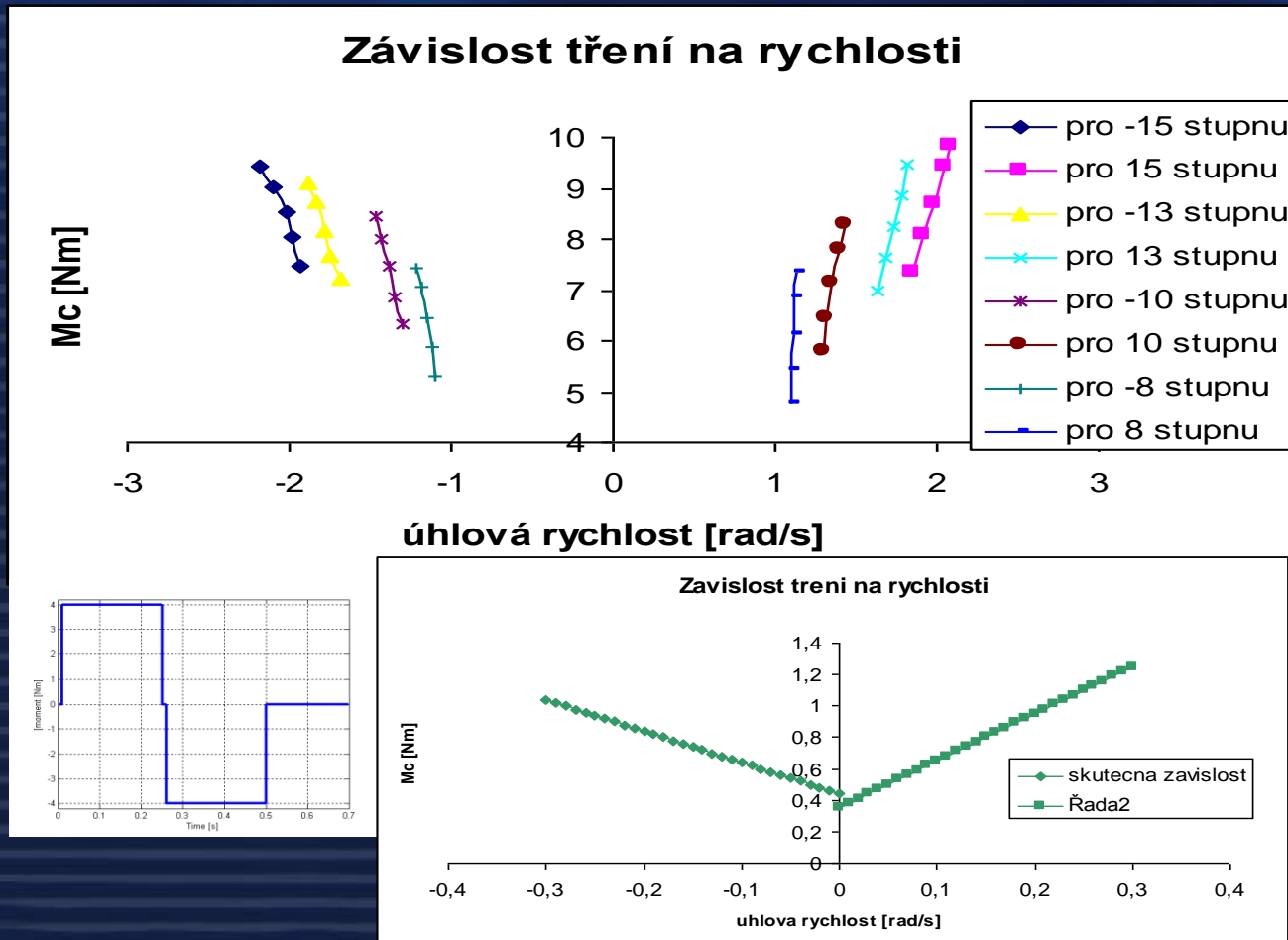
Získané závislosti tření

- závislost smykového tření na poloze



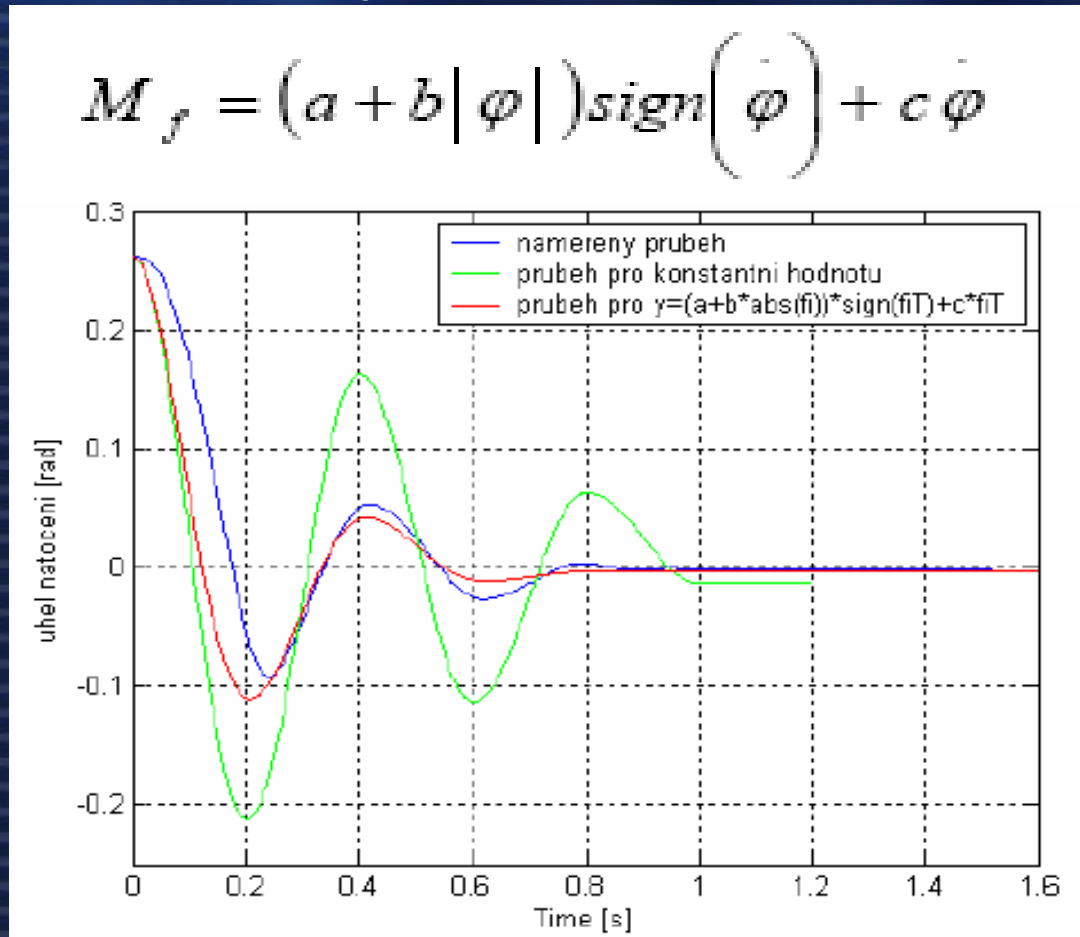
Získané závislosti tření

- závislost smykového tření na úhlové rychlosti



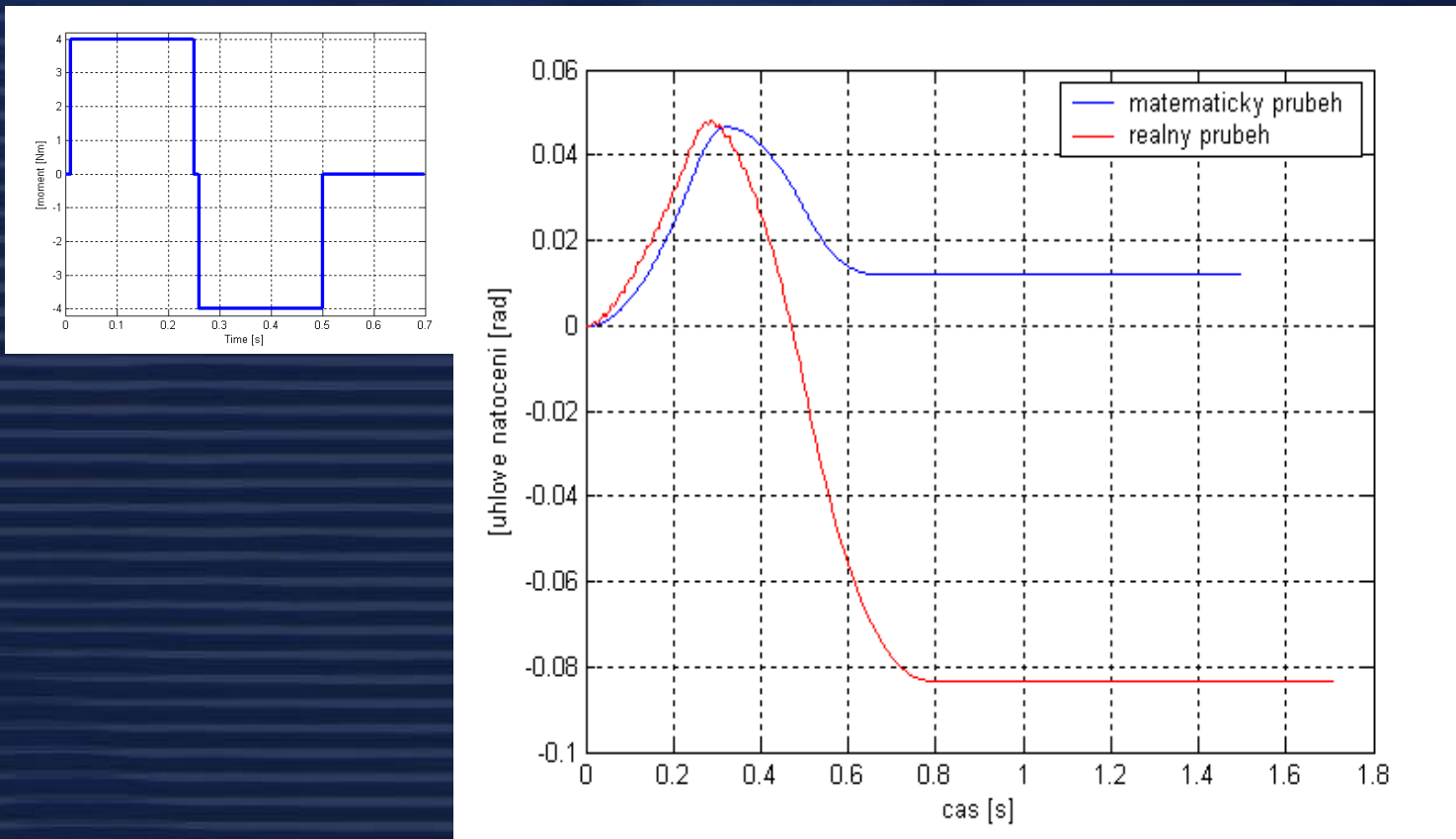
Tlumení vlivem smykového tření

- průběh se symetrickou třecí funkcí



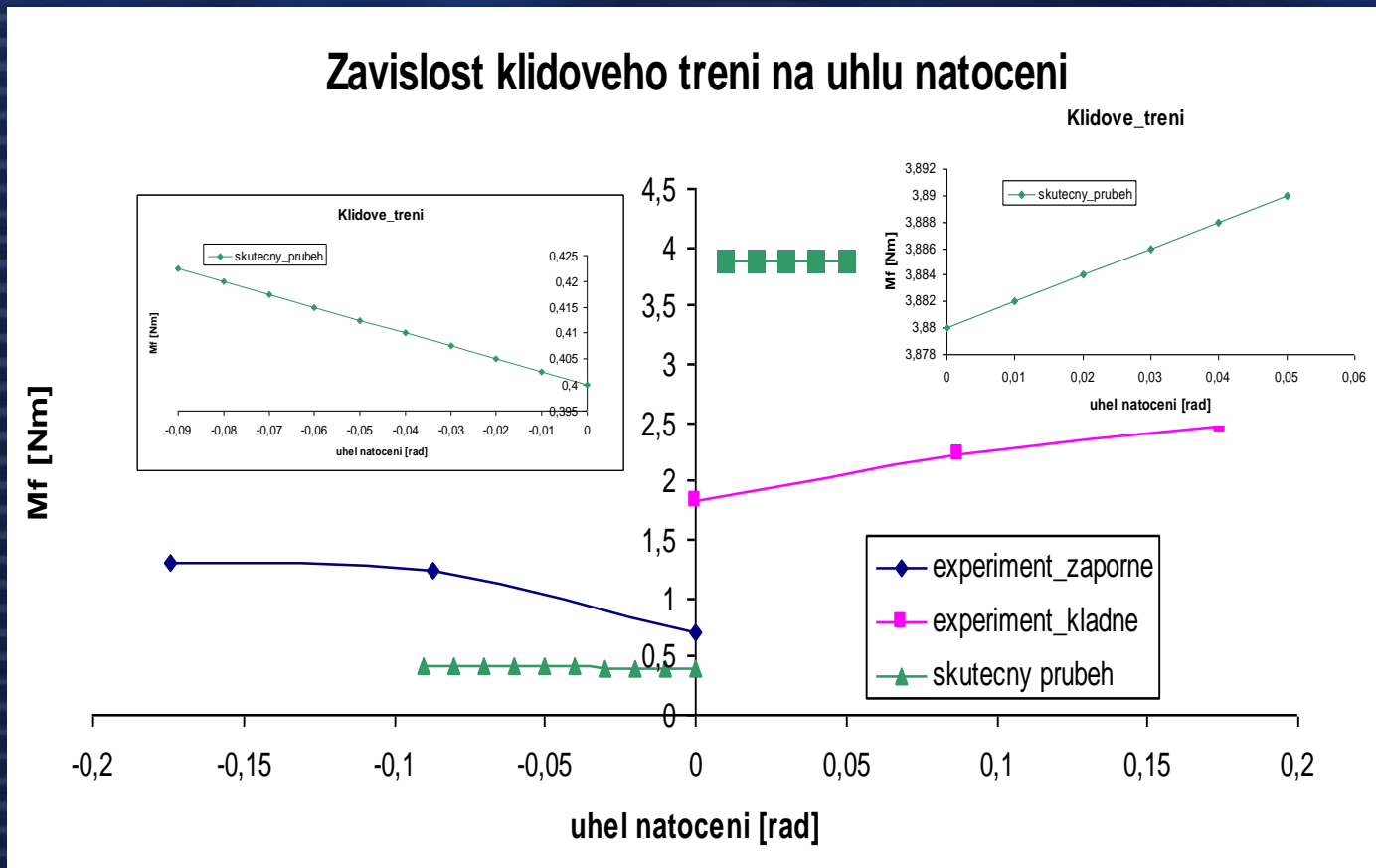
Použití symetrické funkce

- odezva na vstupní moment



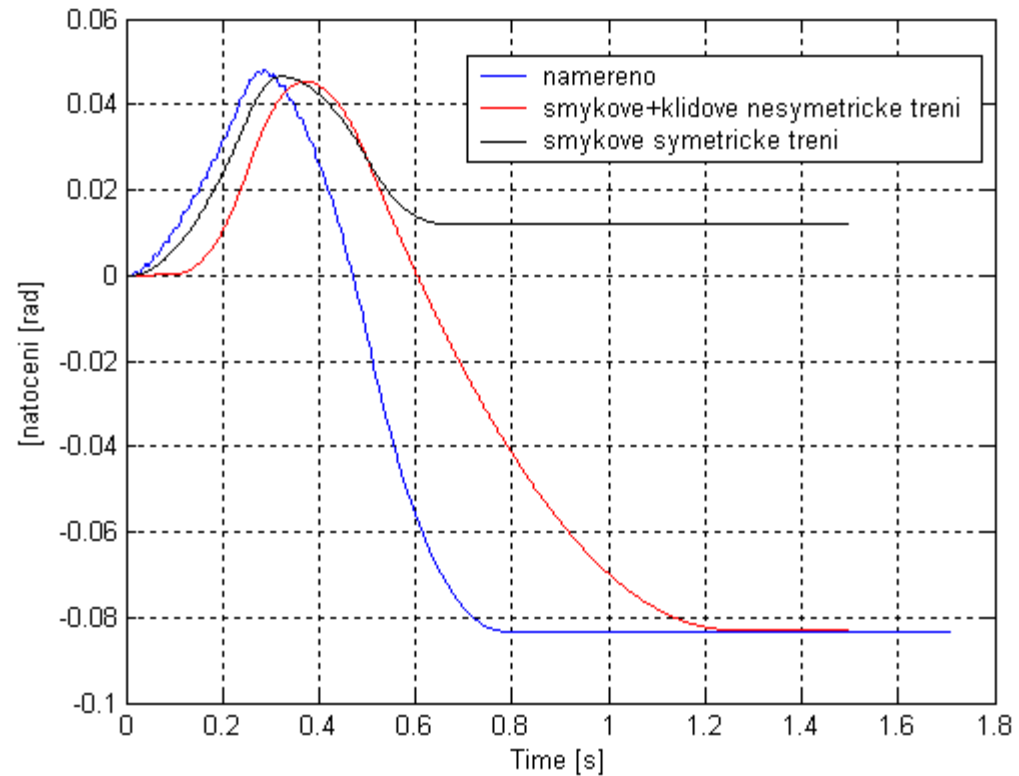
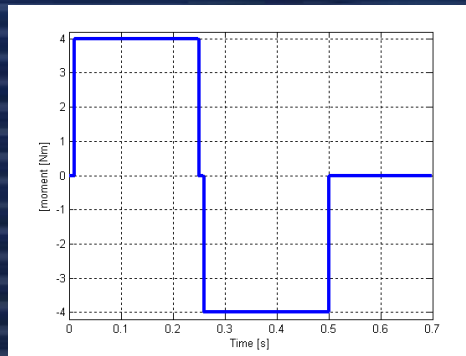
Klidové tření

- závislost klidového tření na poloze



Aplikování identifikovaného tření

- využití smykového a klidového tření



Přehled funkcí tření

- smykové tření

$$M_f = (a + b|\varphi|) \operatorname{sign}(\dot{\varphi}) + c\dot{\varphi} \quad \text{pro } \varphi \geq 0$$

$$M_f = (d + e|\varphi|) \operatorname{sign}(\dot{\varphi}) + c\dot{\varphi} \quad \text{pro } \varphi < 0$$

- klidové tření

$$M_{\text{klidové}} = (f + g|\varphi|) \operatorname{sign}(\dot{\varphi}) + c\dot{\varphi} \quad \text{pro } \varphi \in \langle -0,008 \div 0 \rangle$$

$$M_{\text{klidové}} = (f + g|\varphi|) \operatorname{sign}(\dot{\varphi}) + c\dot{\varphi} \quad \text{pro } \varphi \in \langle 0 \div 0,008 \rangle$$

Závěr

Získané výstupy:

- vytvoření simulačního modelu bez tření a se třením
- navržení modelů tření
- provedené simulace
- vhodné experimenty → modely tření
- získaná kvalitativní shoda s reálným modelem

Poděkování

- Prof. Ing. Michael Valášek DrSc.
- Ing. Pavel Steinbauer Ph.D.