Kinematické a dynamické řešení rovinného mechanismu

Jaroslav Štorkán

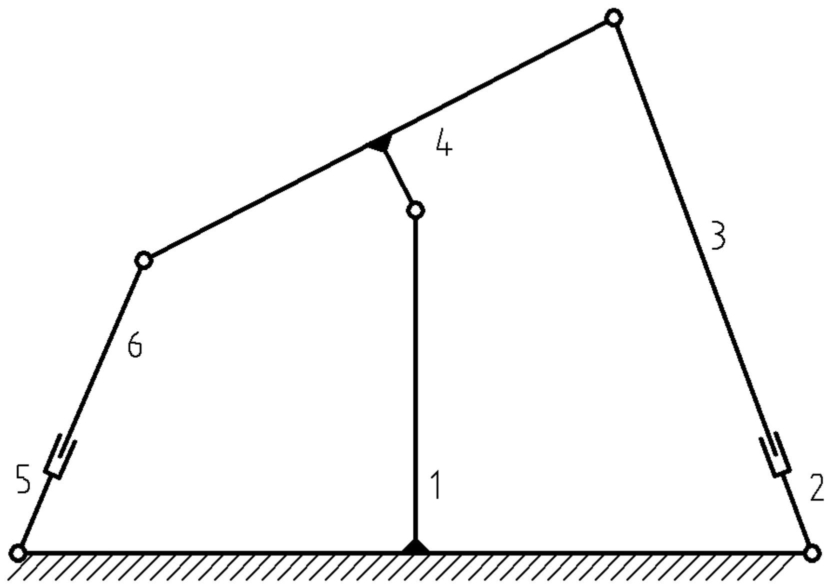
Bakalářská práce

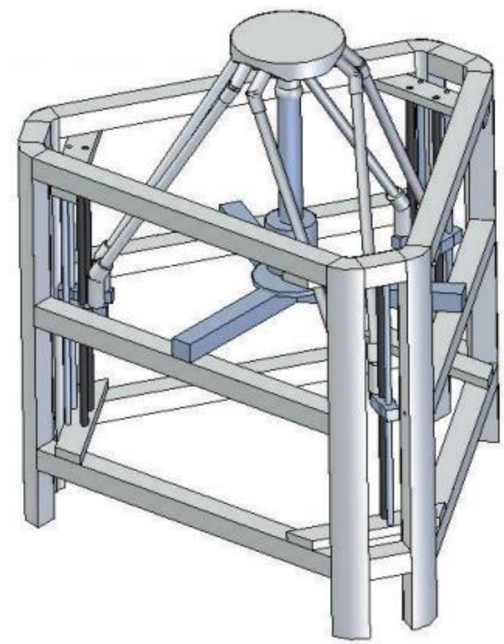
Cíl práce

- Hlavním cílem bylo na zadaném rovinném mechanismu určovat velikosti hnacích sil, tak aby mechanismus konal pohyb po předepsané trajektorii
- Byla provedena jednoduchá simulace, ve které se spočítané velikosti hnacích sil použily pro zpětný výpočet pohybu mechanismu přímou dynamickou úlohou
- V poslední části práce byla použita zpětnovazební regulace v kombinaci s dopředným výpočtem pohonných sil

Řešený mechanismus

- Tento mechanismus koná rotační pohyb, má 1 stupeň volnosti
- Koncepčně vychází z mechanismu Hexasphere
- Je poháněn dvěma lineárními pohony





Řešení kinematiky

- Pro řešení kinematiky byla zvolena vektorová metoda
- Podle vektorových mnohoúhelníků byly sestaveny rovnice vazeb pro řešení úlohy polohy

$$\boldsymbol{f}(\boldsymbol{q},\boldsymbol{z}) = \boldsymbol{0}$$

- Vazbové rovnice byly řešeny modifikovanou Newtonovou iterační metodou
- Dále byly vyjádřeny vztahy pro řešení úlohy závislých zrychlení

$$\boldsymbol{J_q}\ddot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{J_z}\ddot{\boldsymbol{z}} + \boldsymbol{j_{qz}} = \boldsymbol{0}$$

- Stejným způsobem je vyjádřen vztah pro vektor zrychlení soustavy

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{V_q}\ddot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{V_z}\ddot{\boldsymbol{z}} + \boldsymbol{a_{qz}}$$

Řešení přímé úlohy dynamiky

- Dynamika byla řešena metodou uvolňování a sestavování Newton-Eulerových rovnic

$$\boldsymbol{Ma} = \boldsymbol{DR} + \boldsymbol{Q}$$

- Tato dynamická rovnice a předešlé kinematické rovnice se zapíšou do jedné soustavy, která se dá vyřešit

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{M} & -\boldsymbol{D} & \boldsymbol{0}_1 & \boldsymbol{0}_2 \\ \boldsymbol{I} & \boldsymbol{0}_3 & -\boldsymbol{V}_z & -\boldsymbol{V}_q \\ \boldsymbol{0}_4 & \boldsymbol{0}_5 & \boldsymbol{J}_z & \boldsymbol{J}_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{a} \\ \boldsymbol{R} \\ \ddot{\boldsymbol{z}} \\ \ddot{\boldsymbol{q}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Q} \\ \boldsymbol{a}_{qz} \\ -\boldsymbol{j}_{qz} \end{bmatrix}$$

- Z řešení se vyberou pouze nezávislá zrychlení, která se numericky integrují

Řešení inverzní úlohy dynamiky

- Stejně jako u úlohy přímé byla použita metoda uvolňování a sestavování Newton-Eulerových rovnic

$$\boldsymbol{M}\boldsymbol{a} = \boldsymbol{D_r}\boldsymbol{R_r} + \boldsymbol{Q}$$

- Po vyjádření vektoru zrychlení soustavy a dosazení do předešlého vztahu

$$\boldsymbol{M}\left[\boldsymbol{V_q}\ddot{\boldsymbol{q}} - \boldsymbol{V_z}\boldsymbol{J_z^{-1}}\left(\boldsymbol{J_q}\ddot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{j_{qz}}\right) + \boldsymbol{a_{qz}}\right] = \boldsymbol{D_r}\boldsymbol{R_r} + \boldsymbol{Q}$$

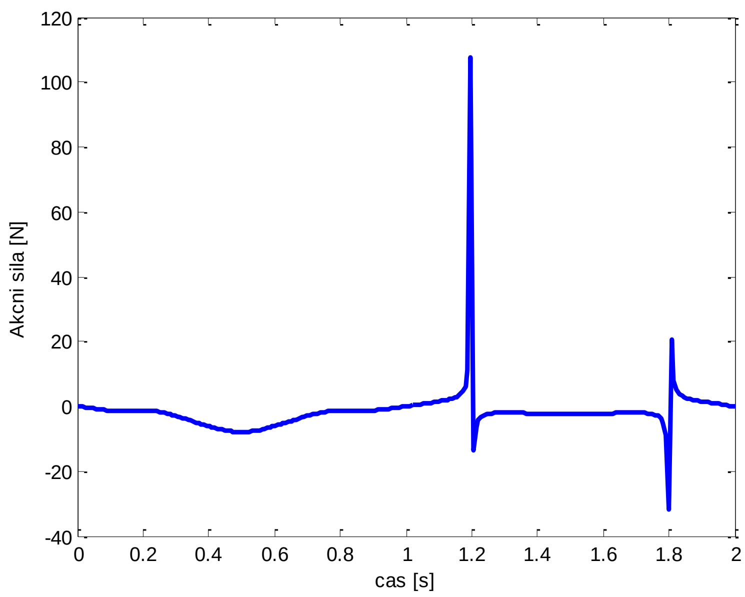
- Matice $\boldsymbol{D_r}$ je rozšířená distribuční matice reakčních účinků o sloupce příslušící jednotlivým pohonům

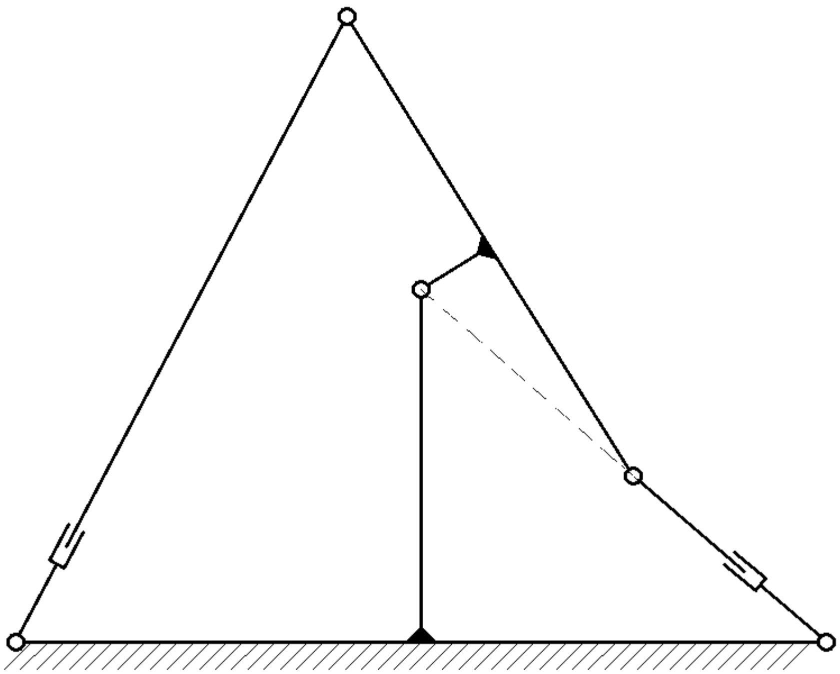
$$\boldsymbol{D_r} = [\boldsymbol{D}, \boldsymbol{P}]$$

- Vektor $\boldsymbol{R_r}$ je rozšířený vektor reakcí o pohony

Výsledky výpočtů

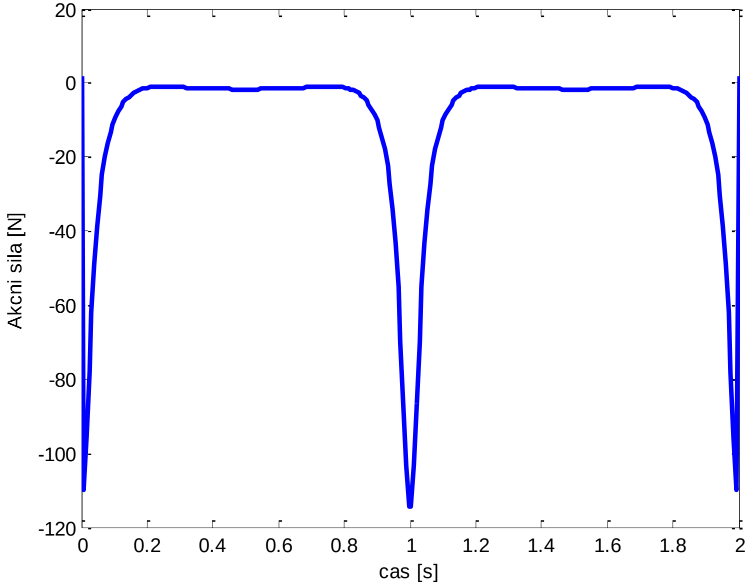
Průběh pohonné síly za předpokladu že jedna je nulová

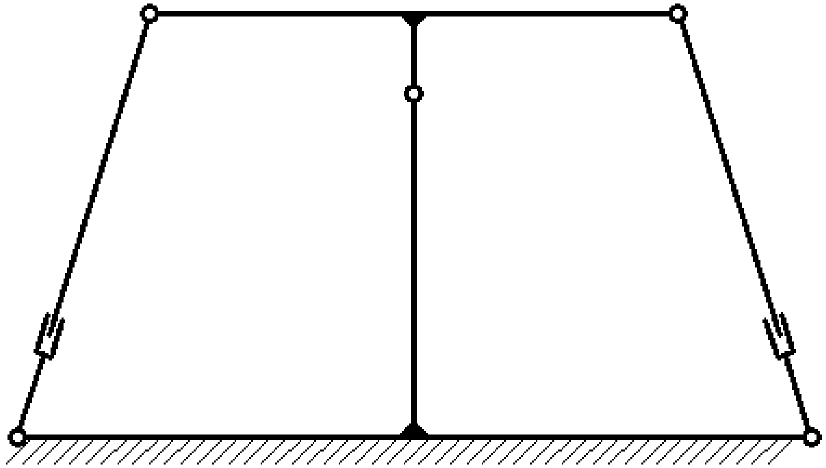




Výsledky výpočtů

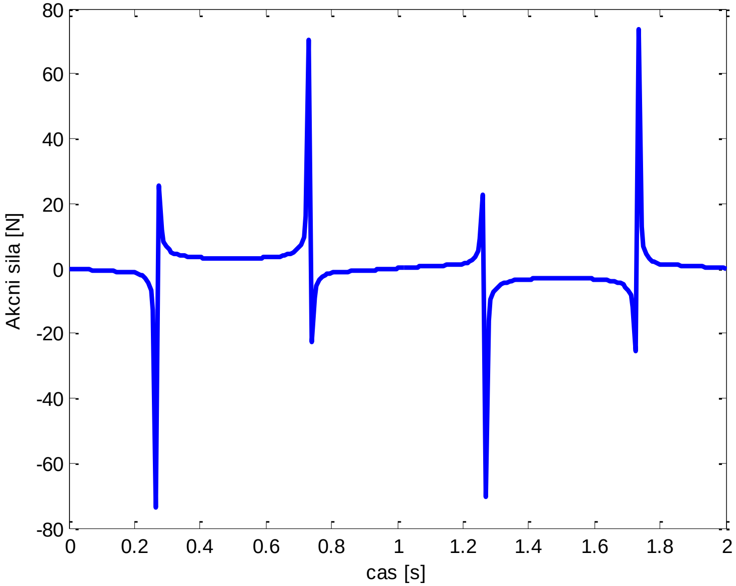
Průběh pohonných sil za předpokladu že jsou obě stejné

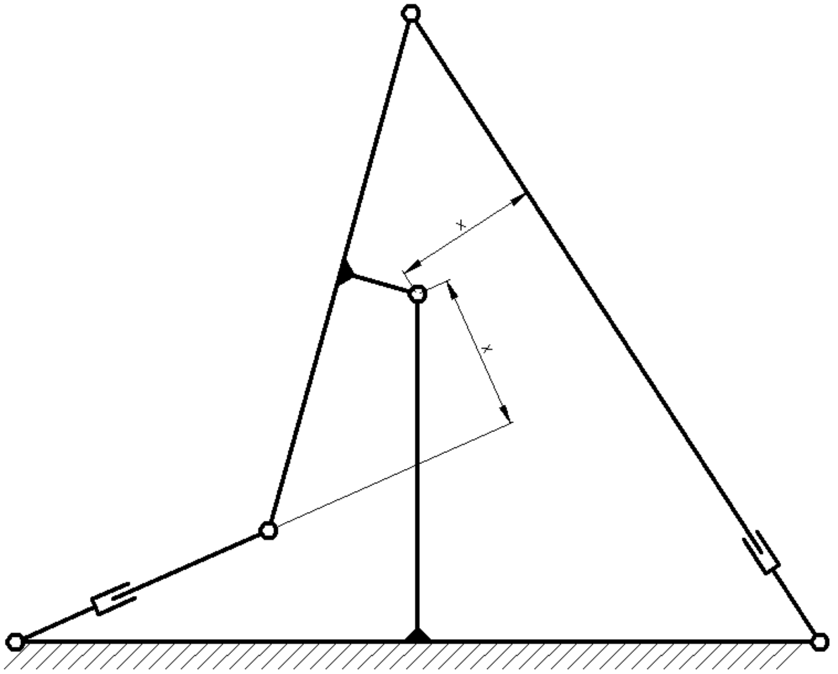




Výsledky výpočtů

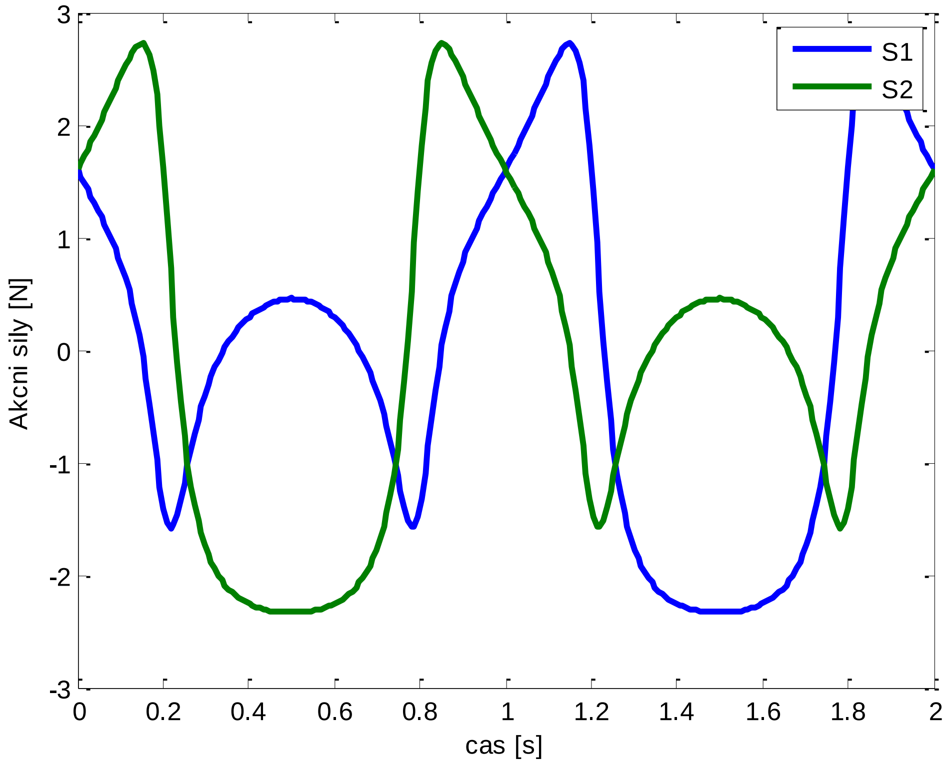
Průběh pohonných sil za předpokladu že jsou opačné





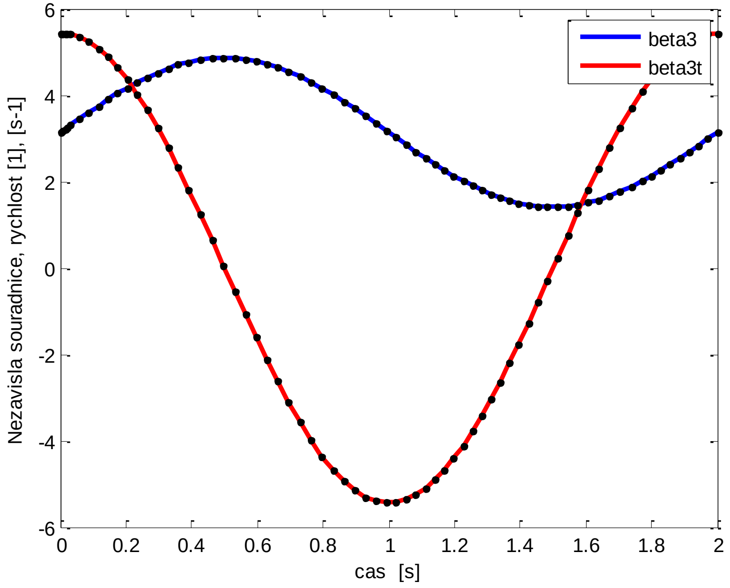
Výsledky výpočtů

Průběh pohonných sil za předpokladu že jsou na sobě nezávislé

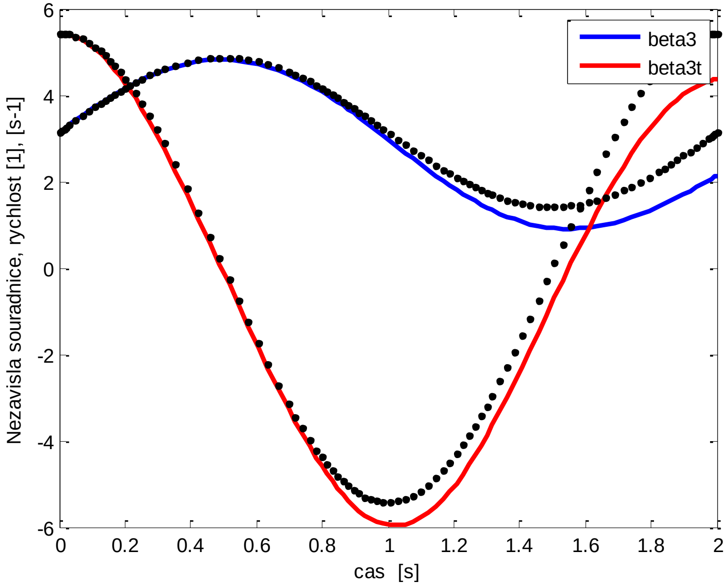


Simulace

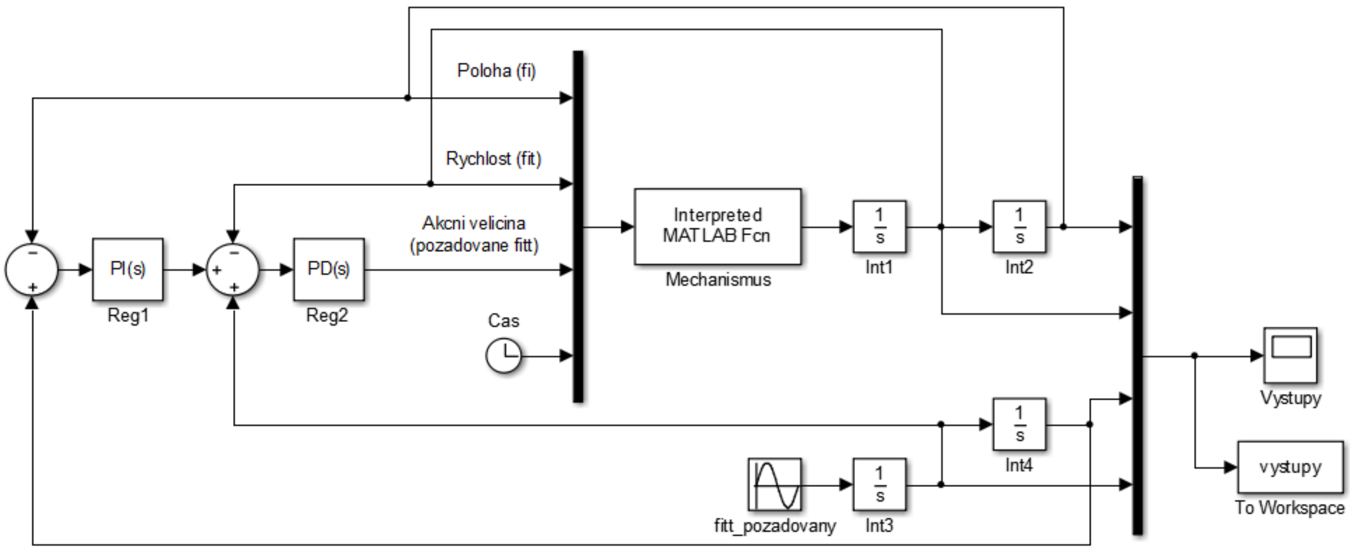
Bez poruchových veličin

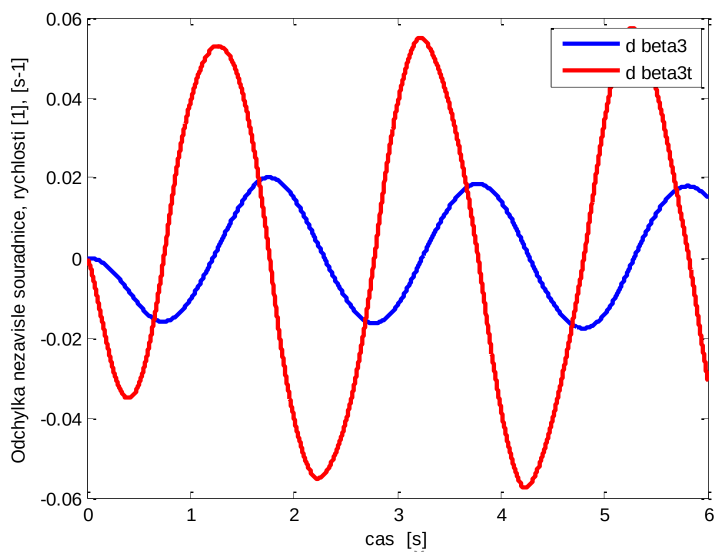


S uvažováním vlivu poruchových veličin



Zpětnovazební simulace





Děkuji za pozornost