



SYNTÉZA RŮZNÝCH ŘÍZENÍ MECHANISMU S REDUNDANTNÍ PARALELNÍ KINEMATIKOU SLIDING STAR

Autor:

Tomáš Skopec

Vedoucí DP:

Prof. Ing. Michael Valášek, DRSc.

Konzultanti:

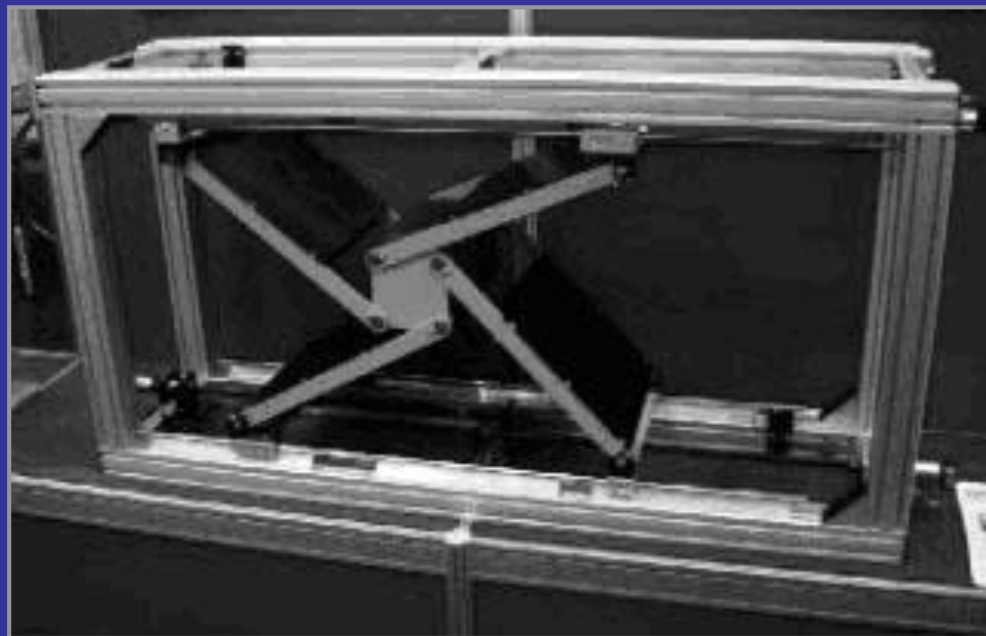
Ing. Zbyněk Šika, PhD.

Ing. Václav Bauma, CSc.



Cíle práce

- Sestavení simulačního modelu Sliding Star
- Implementace několika způsobů řízení
- Vyhodnocení výsledků a porovnání jednotlivých přístupů





Úvod

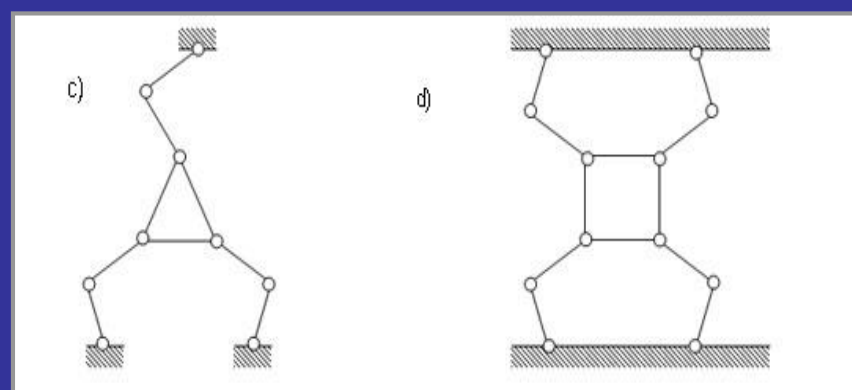
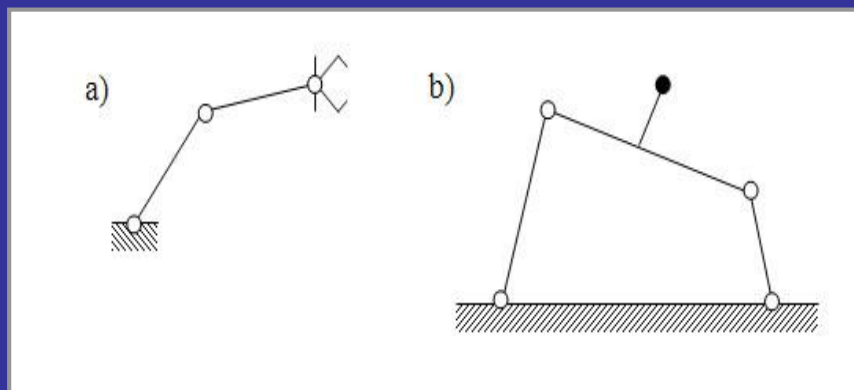
- Sériové kinematické struktury
- Paralelní kinematické struktury
 - Neredundantní
 - Redundantní
- Hybridní kinematické struktury

a)

b)

c)

d)





Klady a zápory

■ Klady

- Zmenšení hmotnosti pohyblivých částí
- Menší setrvačné účinky
- Změna charakteru namáhání na tah s tlak
- Vyšší tuhost, přesnost i dynamika

■ Zápory

- Menší pracovní prostor
- Možnost výskytu singularit
- Možnost kolize hnacích členů



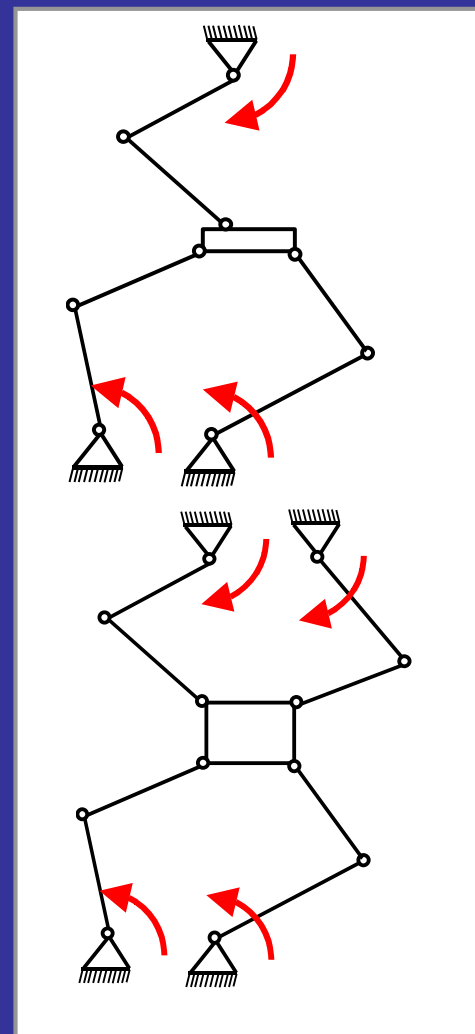
Redundantnost

■ Princip

- Větší počet pohonů než stupňů volnosti

■ Myšlenka

- Jestliže určitá kombinace ramen vede k singulární poloze, potom použití jiné skupiny umožní tyto nežádoucí polohy překonat





Model a implementace

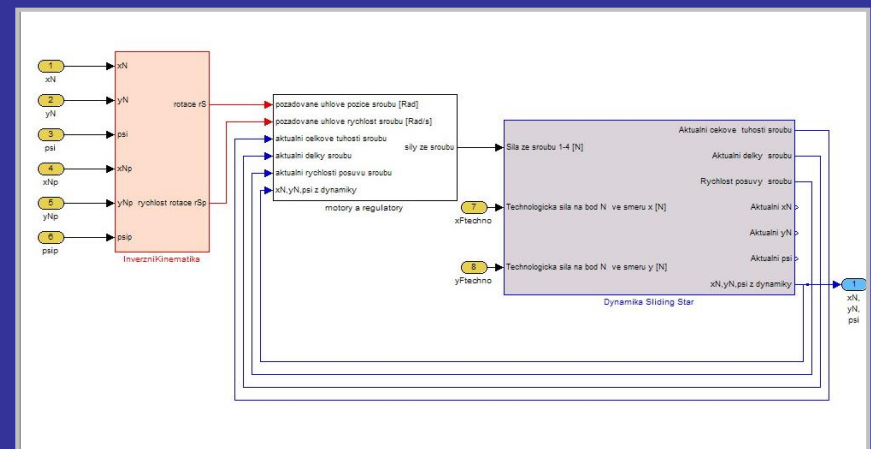
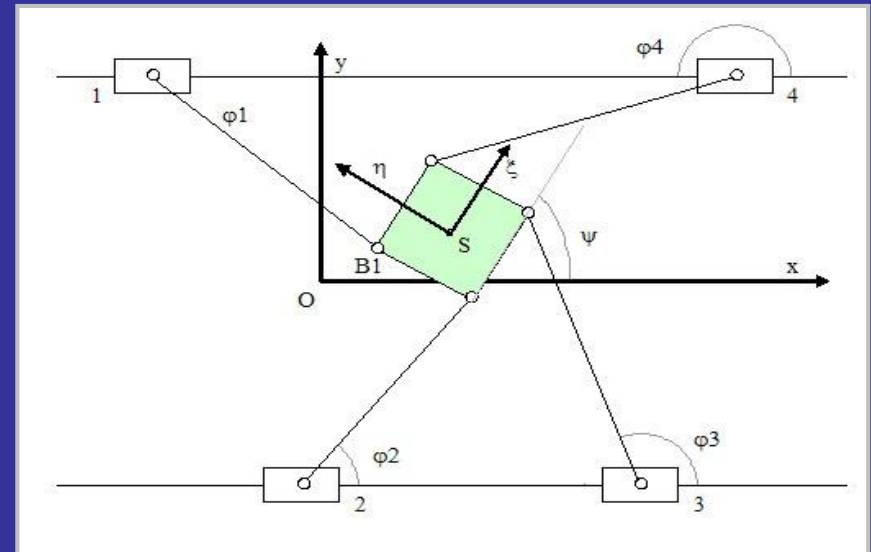
Kinematický model

- Geometrické závislosti mechanismu

Dynamický model

- Pohybové rovnice
- Lagrangeovy rovnice
- Transformace do nezávislých souřadnic

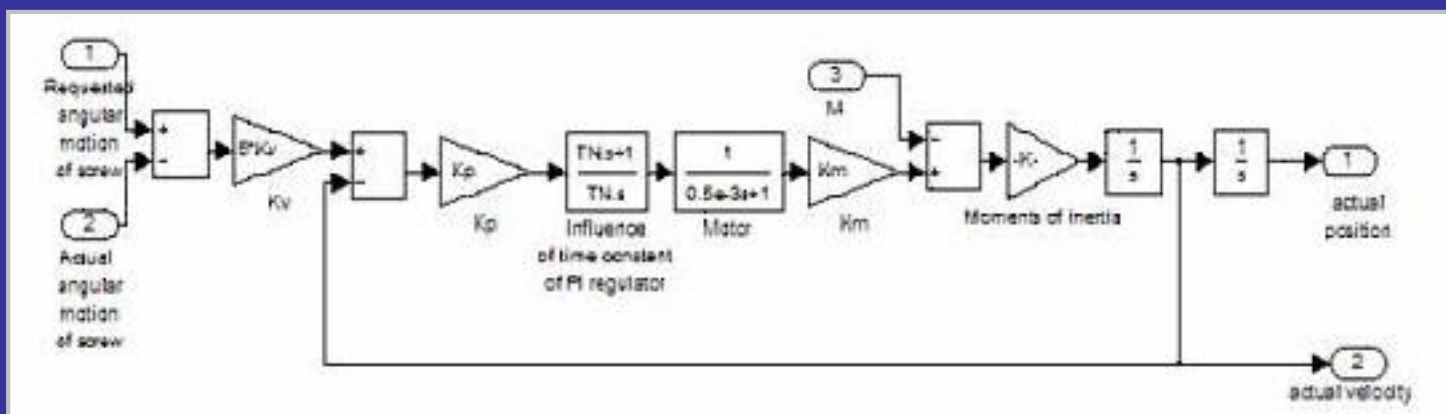
$$\mathbf{R}^T \mathbf{M} \mathbf{R} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{R}^T \mathbf{M} \dot{\mathbf{R}} \dot{\mathbf{q}} = \mathbf{R}^T \mathbf{g} + \mathbf{R}^T \mathbf{T} \mathbf{u}$$





Kaskádní řízení

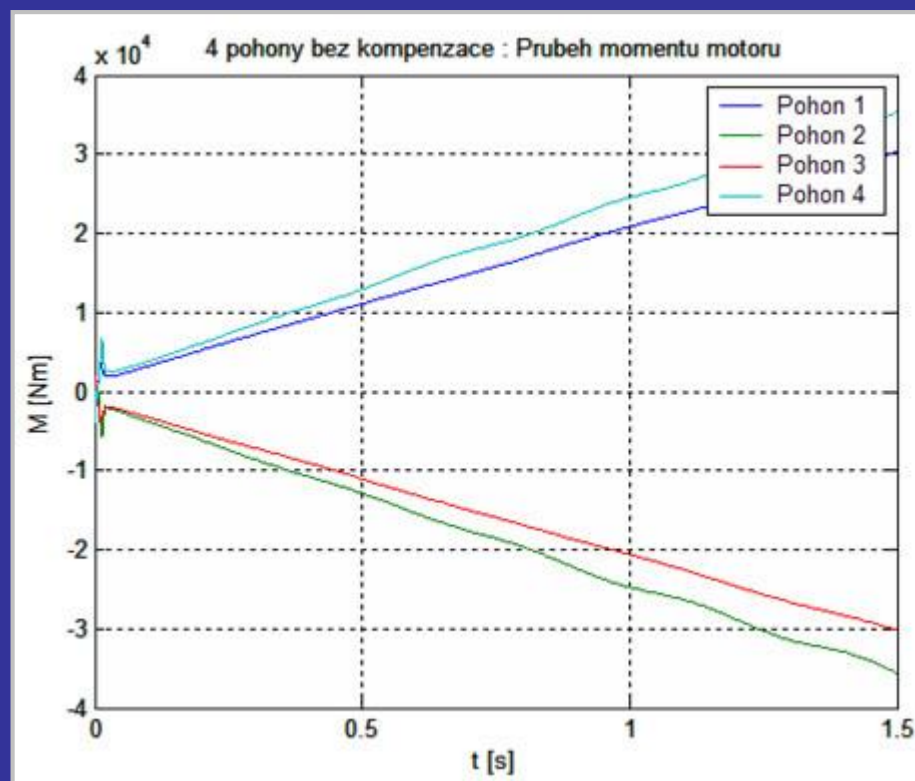
- Pro každou souřadnici nezávislý pohon
- 4 x SISO
- Vzájemné interakce jako poruchy
- Problém s přetahováním pohonů





Přetahování pohonů

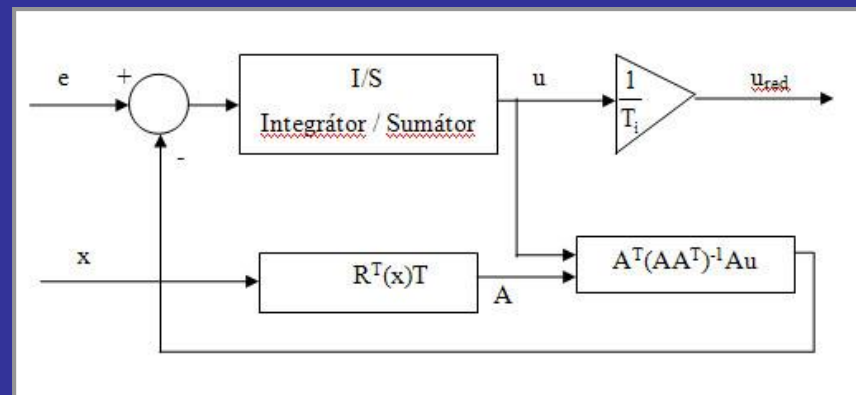
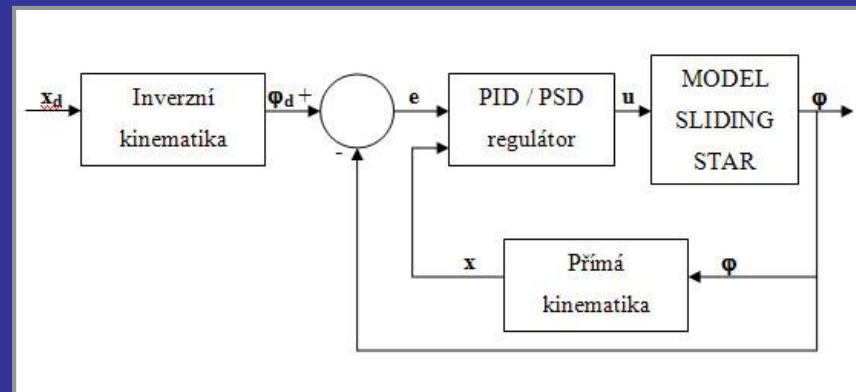
- Dáno nepřesnostmi v reálném modelu
- Regulátory se snaží chybu odstranit
- Nárůst integračních složek
- Může končit i destrukcí mechanismu





Decentralizované řízení

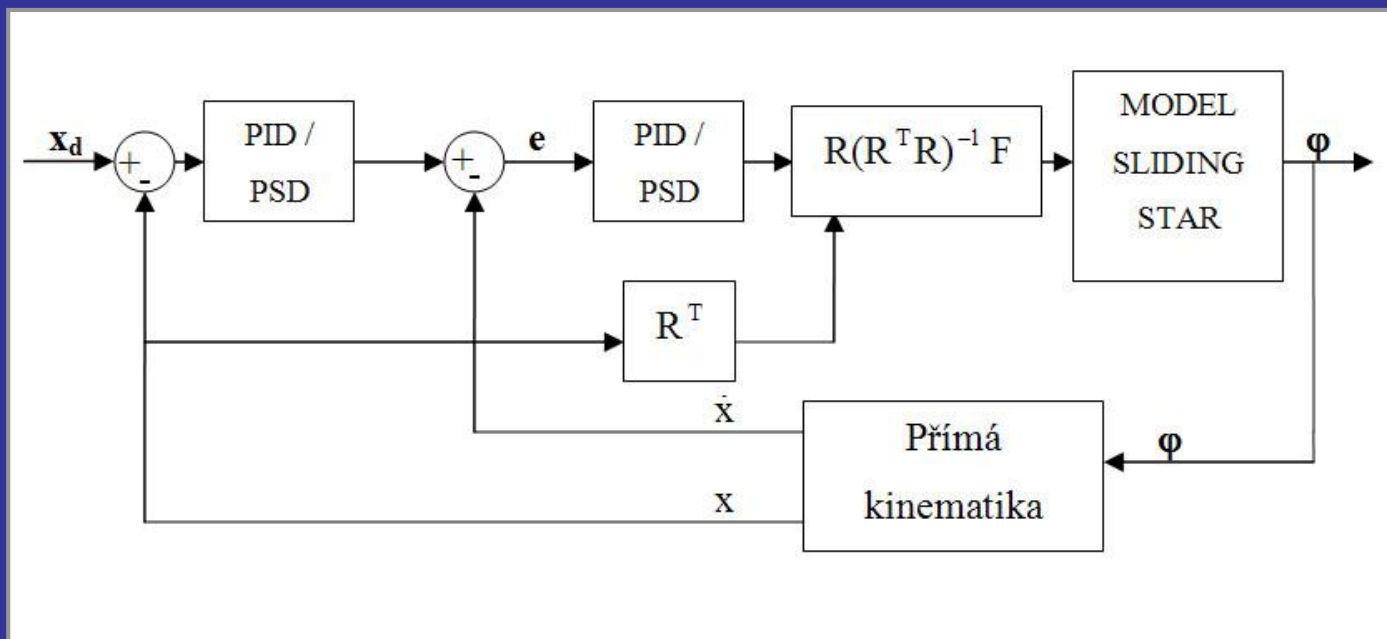
- Aplikace projekce na akční zásahy
- Transformace v nezávislého prostoru
- Výpočet nových fiktivních silových účinků
- $$\mathbf{u}_{red} = \mathbf{A}^T (\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1} \mathbf{A}\mathbf{u}$$
- Odstranění přetahování





Centralizované řízení

- Respektuje vzájemné vazby uvnitř robota
- Regulátory na nezávislých souřadnicích
- Fiktivní akční zásahy poté přepočítány





Prediktivní řízení I.

- Globální modelově orientované řízení
- Optimalizace kvadratického kritéria

$$J = \sum_{i=t+1}^{i+N} \left(y(i)^T Q_v y(i) + u(i-1)^T Q_u u(i-1) \right)$$

- Predikce budoucích hodnot výstupů
- Jednotlivé kroky
 - Linearizace
 - Diskretizace
 - Návrh řídicího zákona



Prediktivní řízení II.

■ Linearizace

- Snaha převést na stavovou formulaci ve tvaru

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{u}$$

- Dekompozice kolem rovnovážného stavu

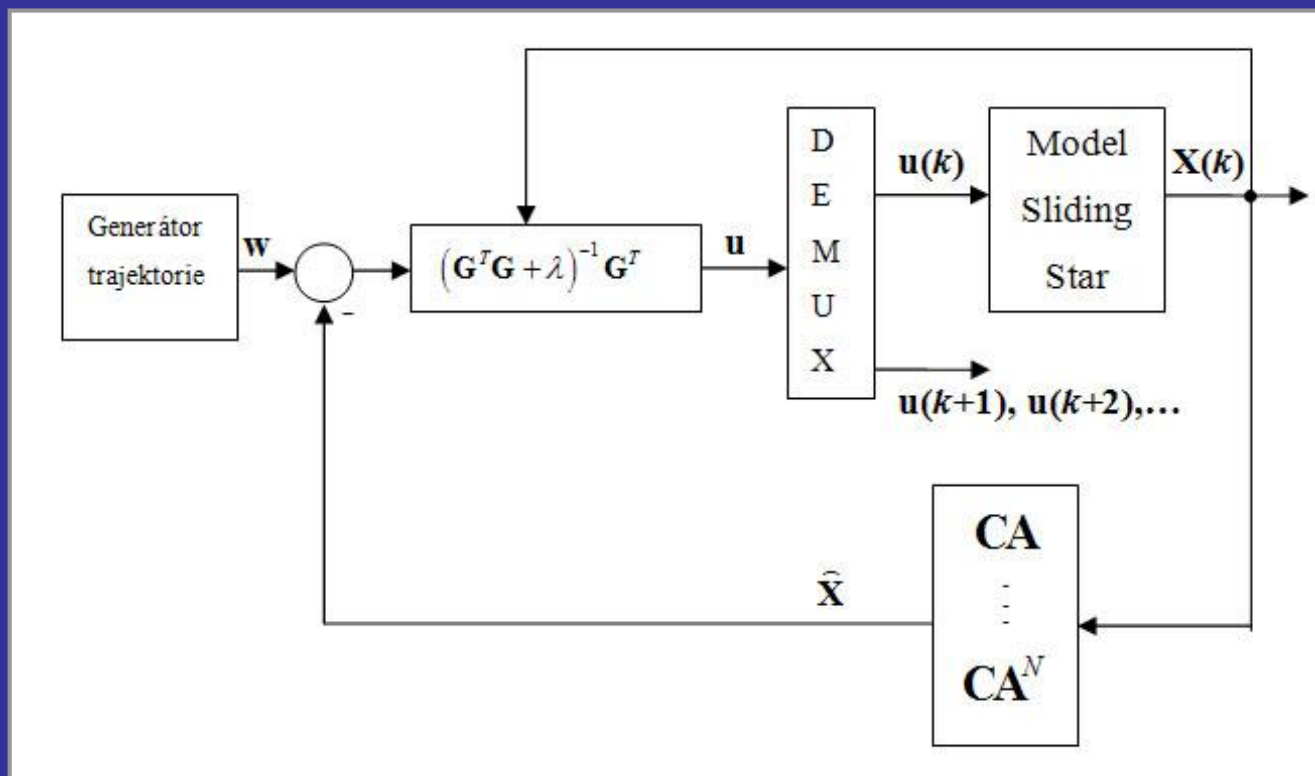
■ Diskretizace

- Matice nahrazeny Taylorovým rozvojem (e^x)
- Interval diskretizace δ



Prediktivní řízení III.

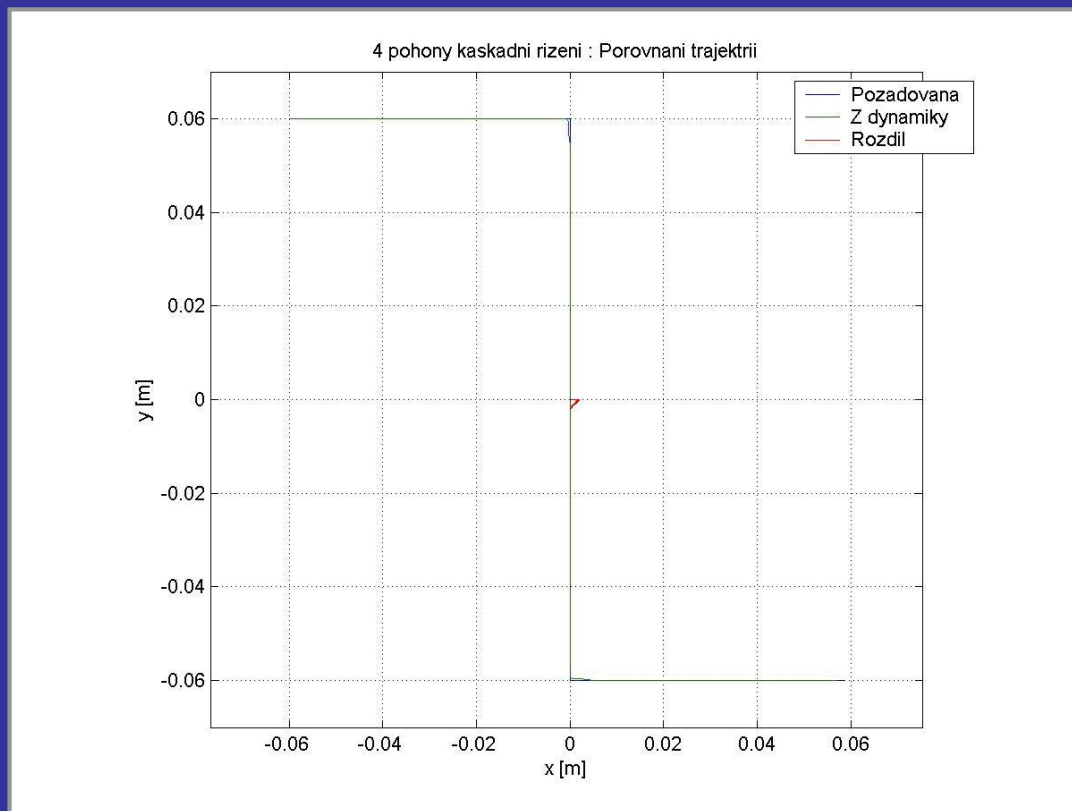
- Řídicí zákon $\mathbf{u} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G} + \lambda)^{-1} \mathbf{G}^T (\mathbf{w} - \mathbf{f})$





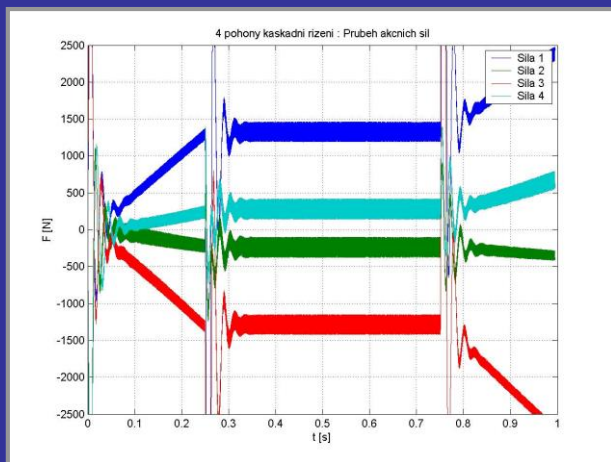
Výsledky

- Požadovaná trajektorie ve tvaru písmene Z

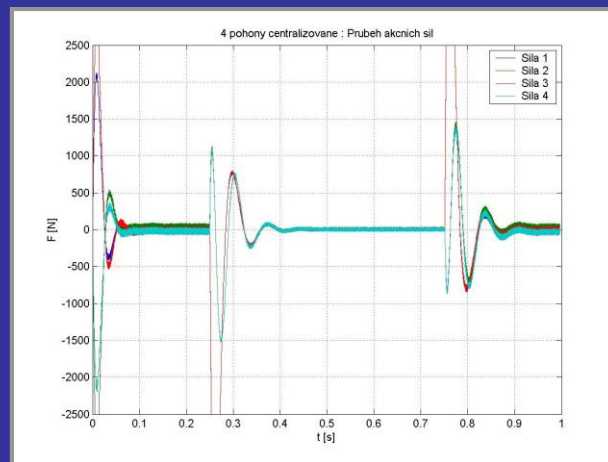




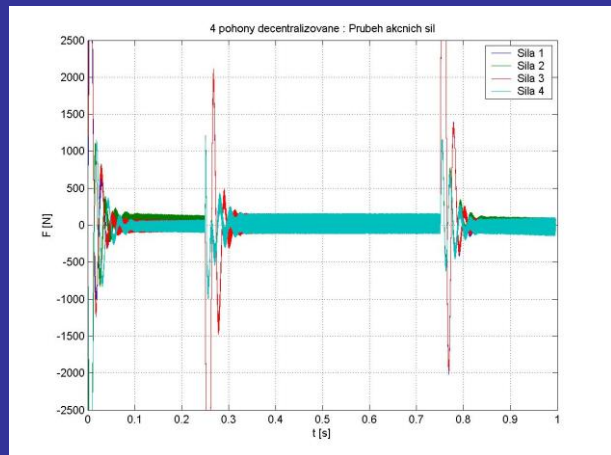
Výsledky – „Z“



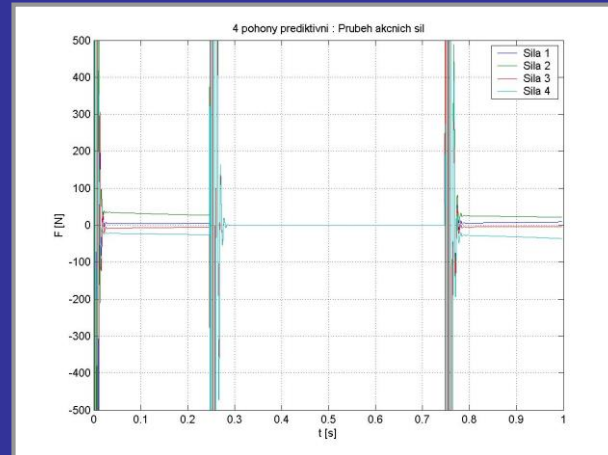
Kaskádní



Centralizované



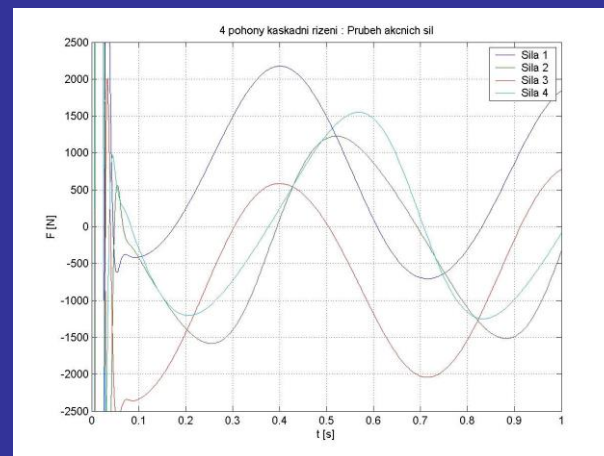
Decentralizované



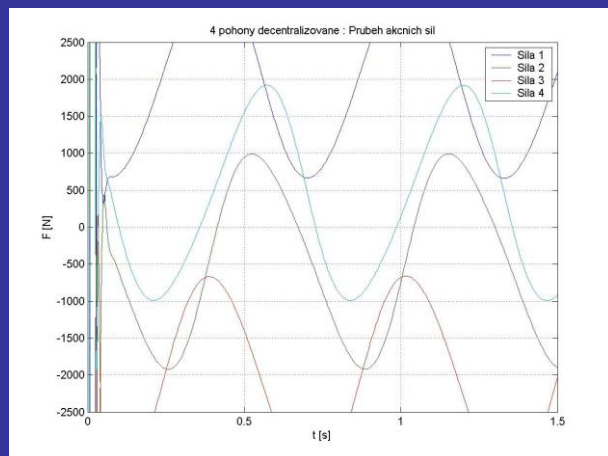
Prediktivní



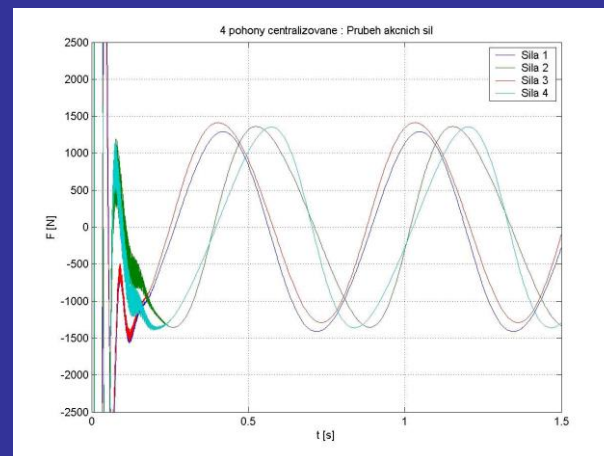
Výsledky – „Kruh“



Kaskádní



Decentralizované



Centralizované



Závěr

- Při kaskádním řízení se objevuje přetahování pohonů
- Ostatní způsoby řízení jej překonávají
- Optimální je prediktivní řízení, ale je také nejnáročnější

