

Paralelní kinematické struktury

Autor BP: Tomáš Kozák

Vedoucí práce: Ing. Jan Zavřel, Ph.D.

Cíle bakalářské práce

- Vypracovat přehled paralelních kinematických struktur
- Vytvořit model a provést analýzu zvolené PKS
- Provést simulaci zvolené PKS
- Provést optimalizaci s ohledem na kolize a dosažitelný prostor
- Navrhnout a realizovat úpravy laboratorního modelu

Obsah prezentace

- Úvod
- Mechanismy s paralelní kinematickou strukturou
- Historie mechanismů s PKS
- Současný stav problematiky
- Matematický model zvoleného mechanismu
- Optimalizace a úpravy laboratorního modelu
- Počítačová simulace zvoleného mechanismu
- Závěr

Úvod

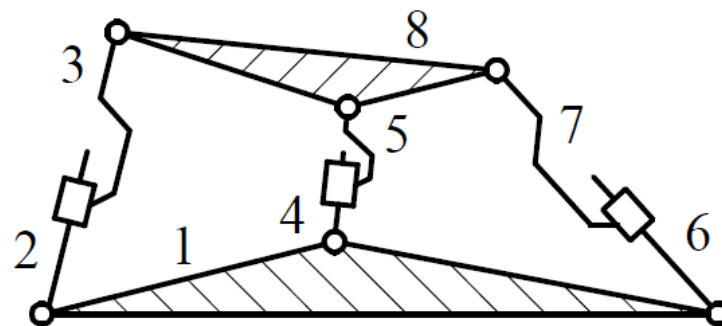
- Většina výrobních strojů i manipulátorů má dnes sériovou kinematickou strukturu
- Nevýhody:
 - Velká hmotnost jednotlivých členů
 - Namáhání dílů ohybem
 - Sčítání nepřesností podél řetězce
- Řešení:
 - Zvyšování tuhosti
 - Přesnější a lehčí díly
 - Využití mechatroniky
 - Nasazení strojů s paralelní kinematickou strukturou



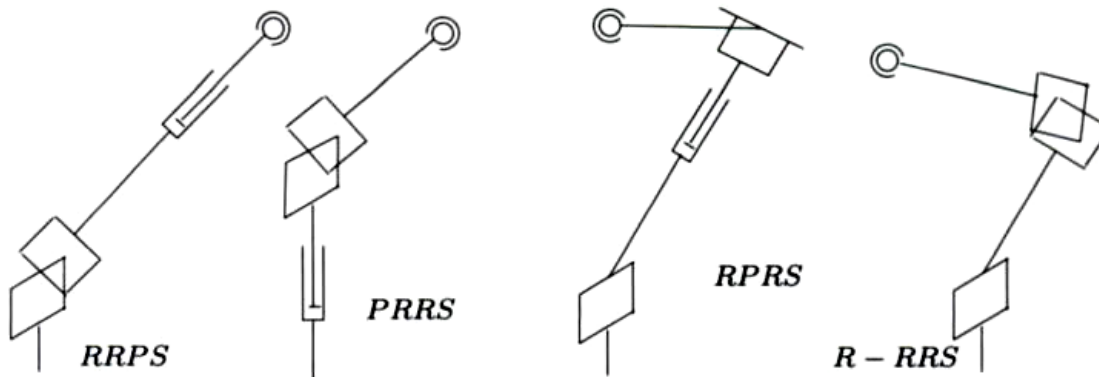
Mechanismy s paralelní kinematickou strukturou

- Kinematický řetězec

- Uzavřený
- Složený



- Rám → vodicí řetězce → platforma

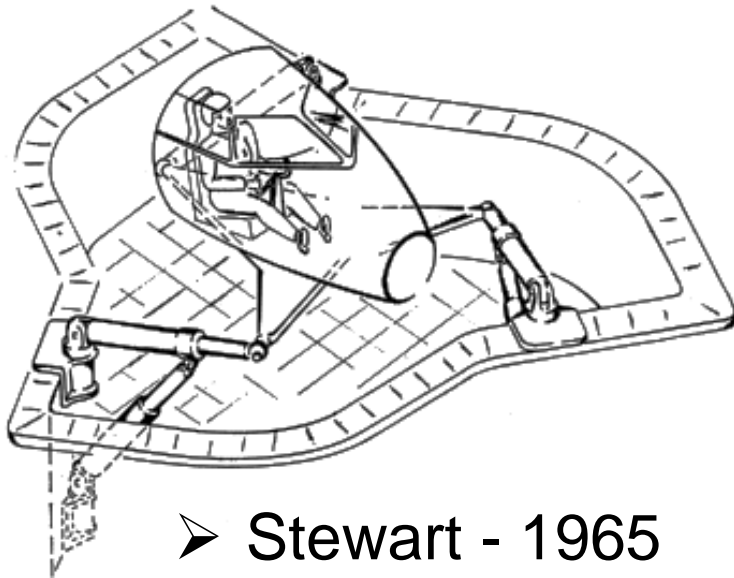
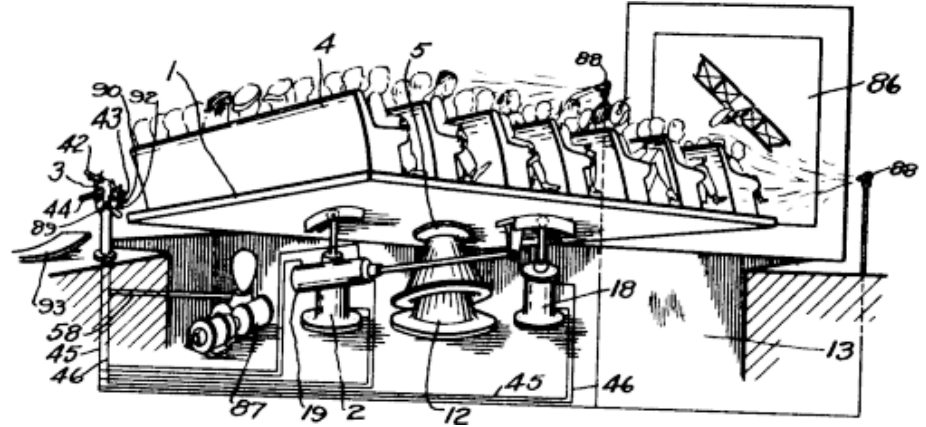


Mechanismy s paralelní kinematickou strukturou

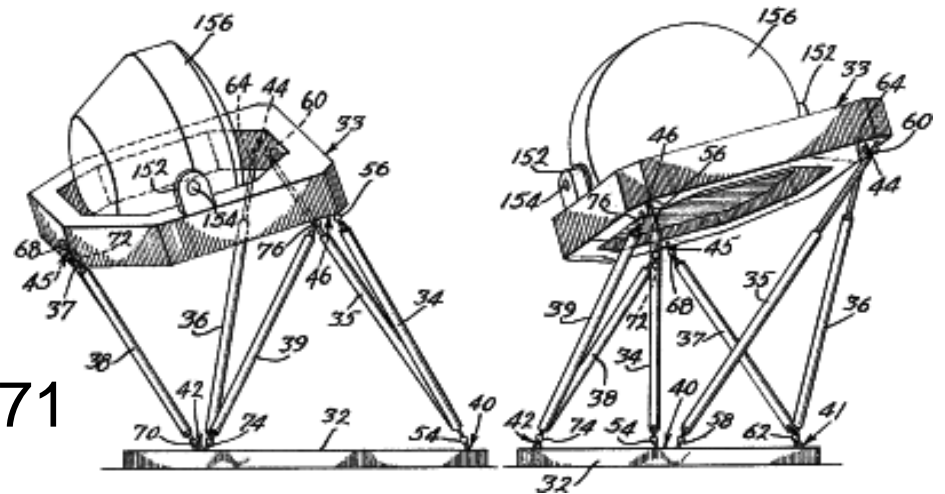
- Hlavní výhody
 - Pohony na základním rámu
 - Převážně namáhání tahem/tlakem (vzpěr)
 - Lepší dynamické vlastnosti
 - Použití stejných dílů
- Hlavní nevýhody
 - Špatný poměr pracovního a zástavbového prostoru
 - Singulární polohy v pracovním prostoru
 - Kolize jednotlivých dílů mechanismu
 - Vysoké nároky na řízení
- Hybridní mechanismy
- Redundantní mechanismy

Historie mechanismů s PKS

➤ Gwinnett - 1931



➤ Stewart - 1965



➤ Cappel - 1971

Současný stav problematiky

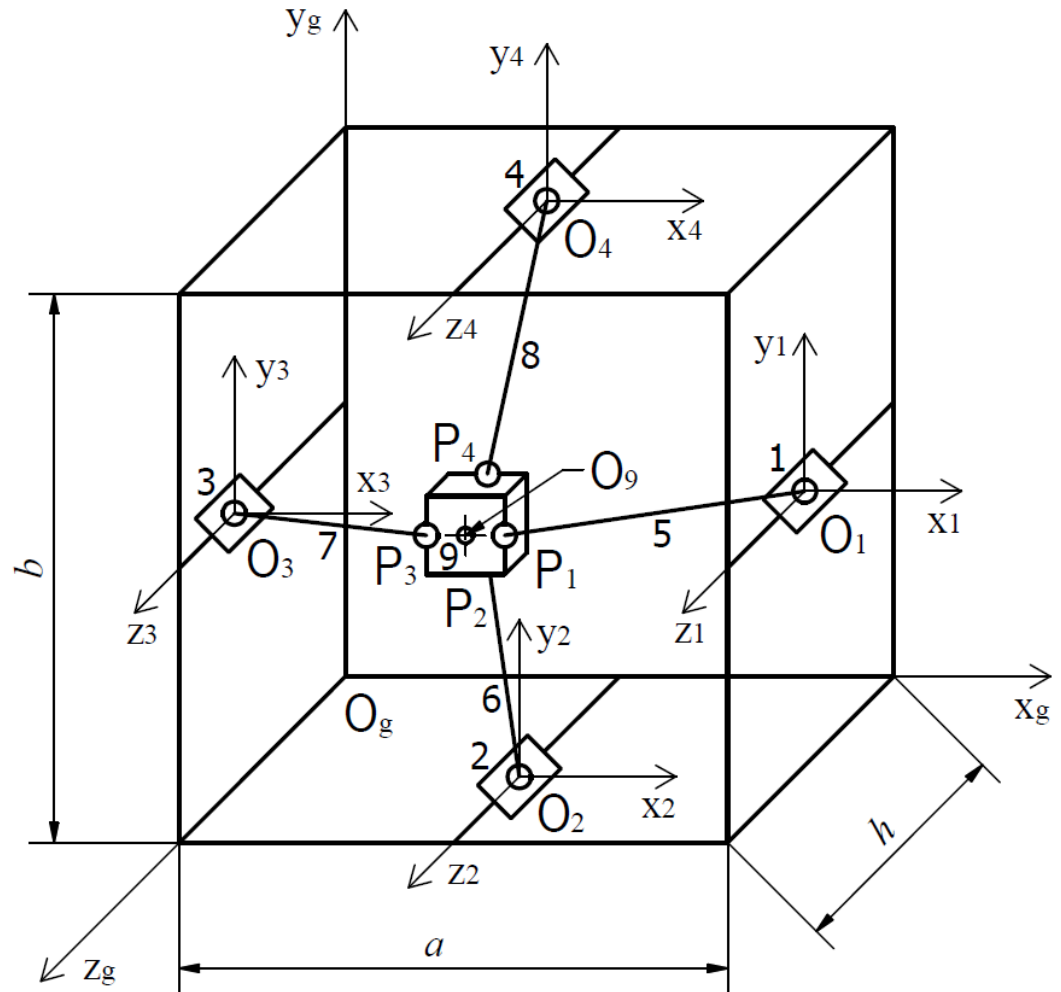
- Praktické problémy → očekávání se nenaplnila
- Přesto vzniklo několik úspěšných koncepcí

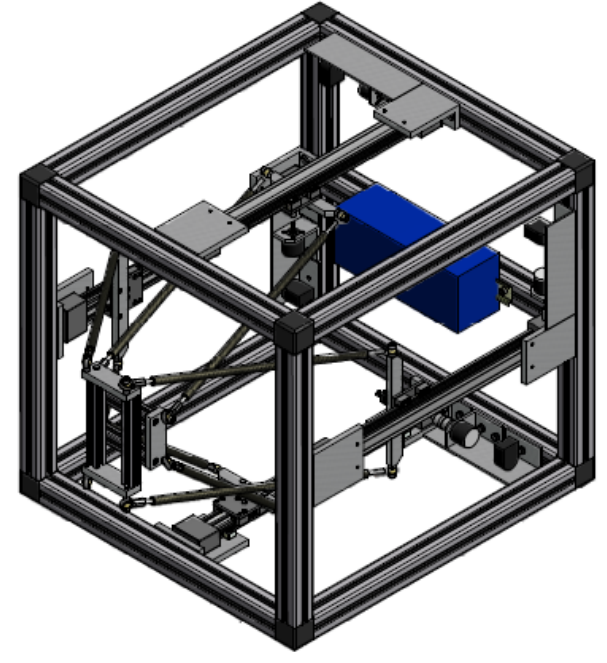
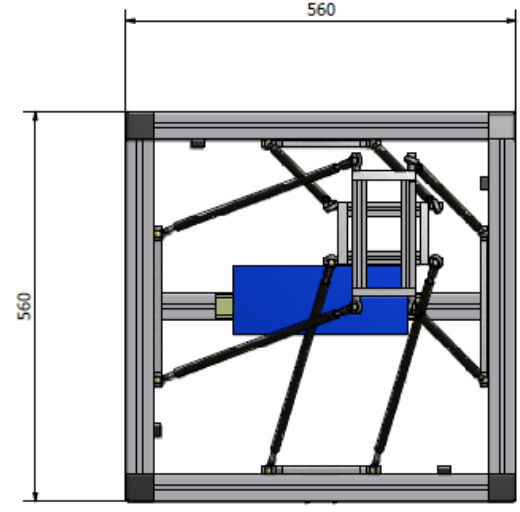
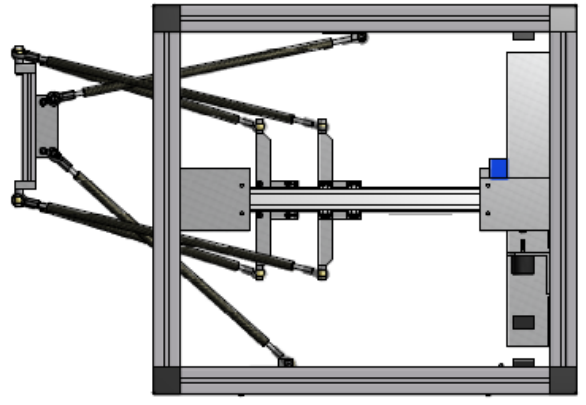
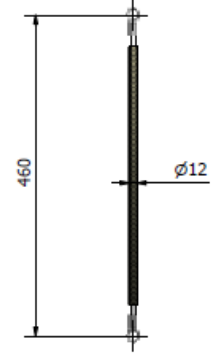
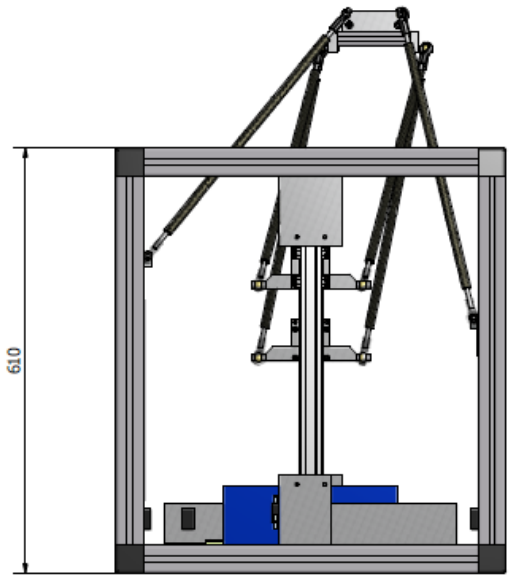
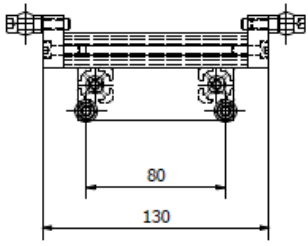
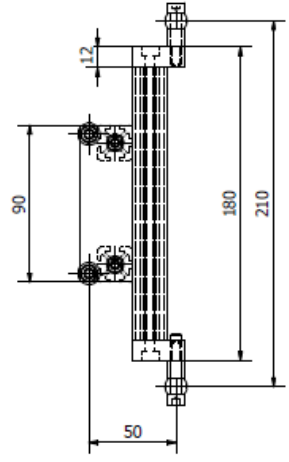
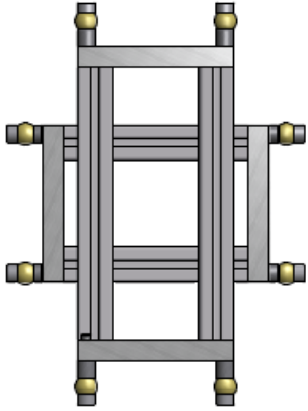


Matematický model zvoleného mechanismu

■ Sliding Delta

- 3 DOF
- redundantní





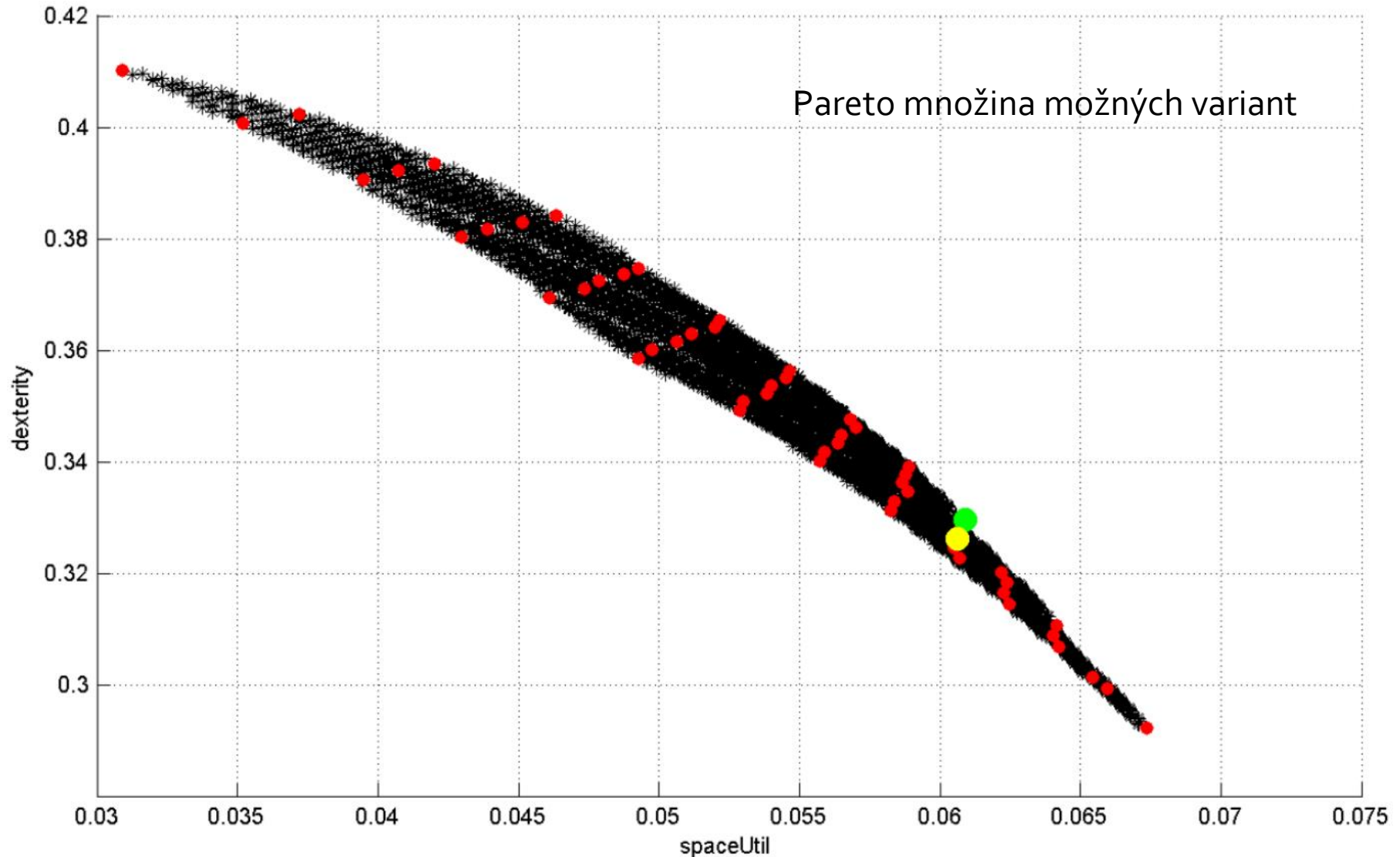
Matematický model zvoleného mechanismu

- Kinematika:
 - Inverzní úloha pro polohy, rychlosti i zrychlení
 - Maticová metoda
 - Jacobiho matice
- Dynamika
 - Zjednodušující předpoklady
 - Lagrangeovy rovnice smíšeného typu
 - Převod na popis pomocí nezávislých souřadnic
 - Implementace v prostředí Matlab/Simulink

Optimalizace a úpravy laboratorního modelu

- Původní model byl již optimalizován
 - Nový model z něj vychází
 - Očekáváme malé odchylky
- Optimalizační kritéria:
 - Manipulovatelnost (dexterita)
 - Využití prostoru (bez kolizí)
- Optimalizační parametry:
 - Délky spojnic
 - Vzdálenost uchycení spojnic na platformě

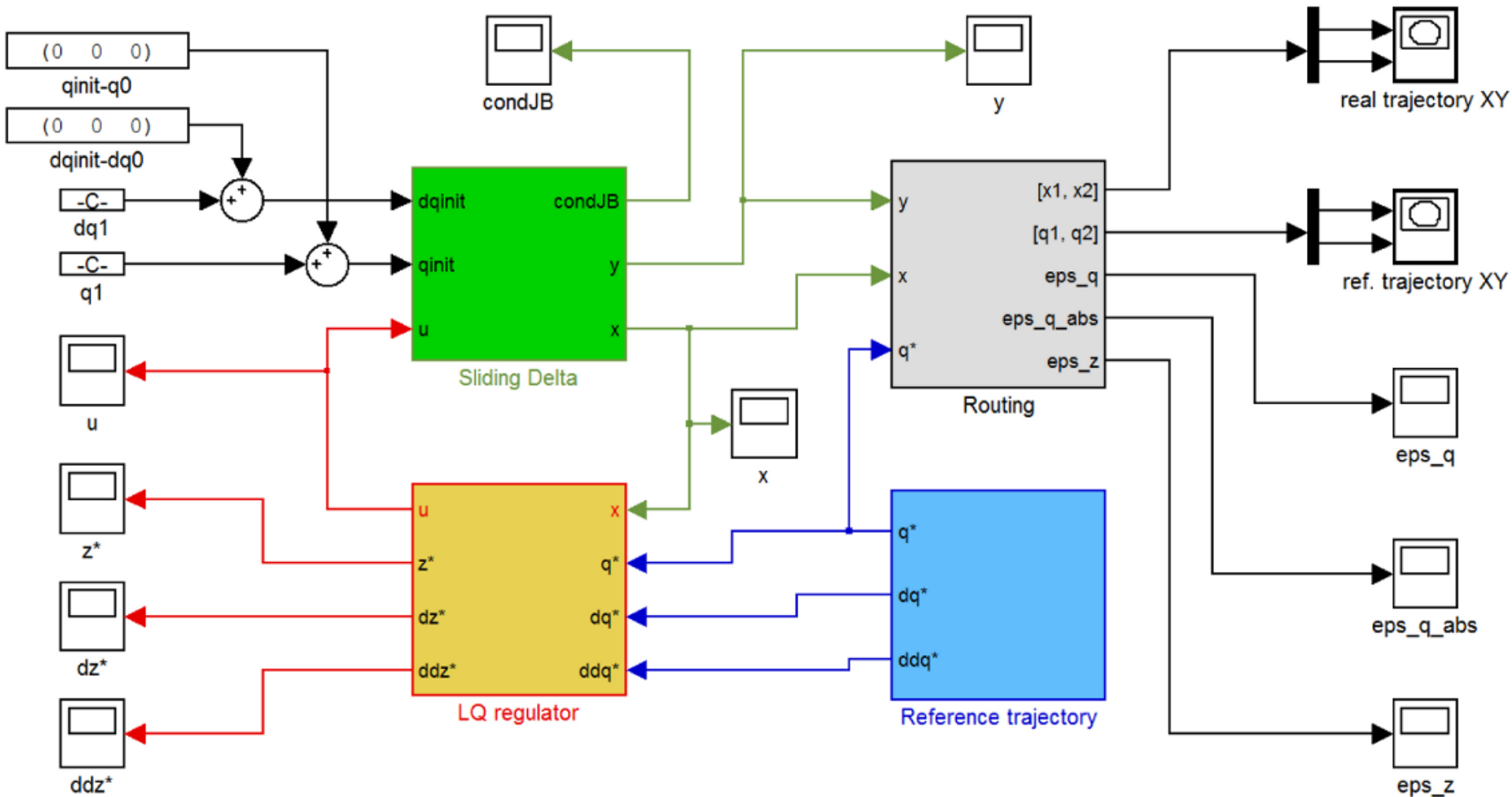
Optimalizace a úpravy laboratorního modelu



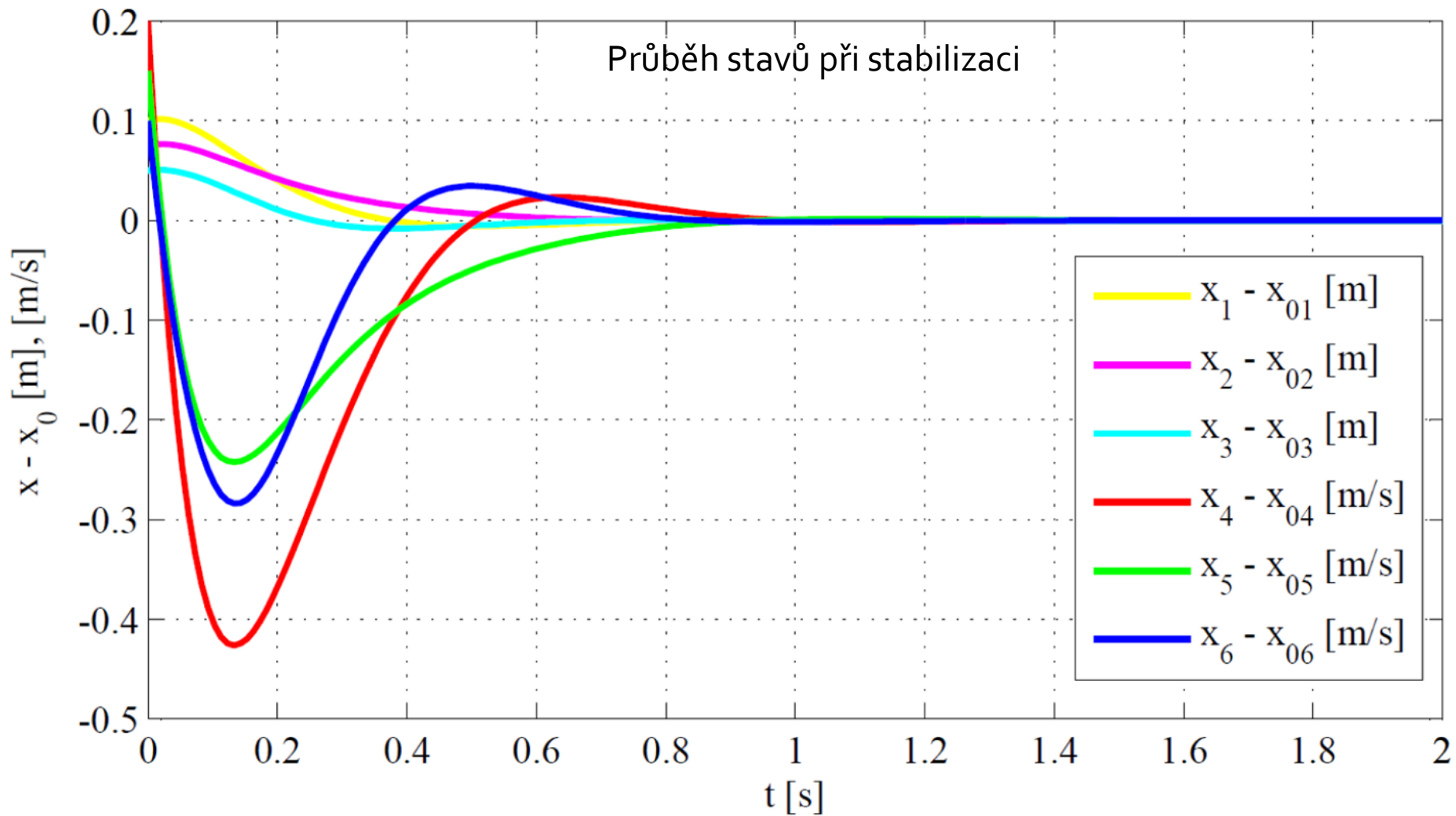
Počítačová simulace zvoleného mechanismu

- Nelineární model – LRST
- Převod na stavový popis (odchylkový tvar)
- Linearizace ve zvolené poloze
- Analýza lineárního modelu
- Návrh LQR
- Simulace stabilizace ve zvolené poloze
- Simulace sledování zadané trajektorie

Počítačová simulace zvoleného mechanismu

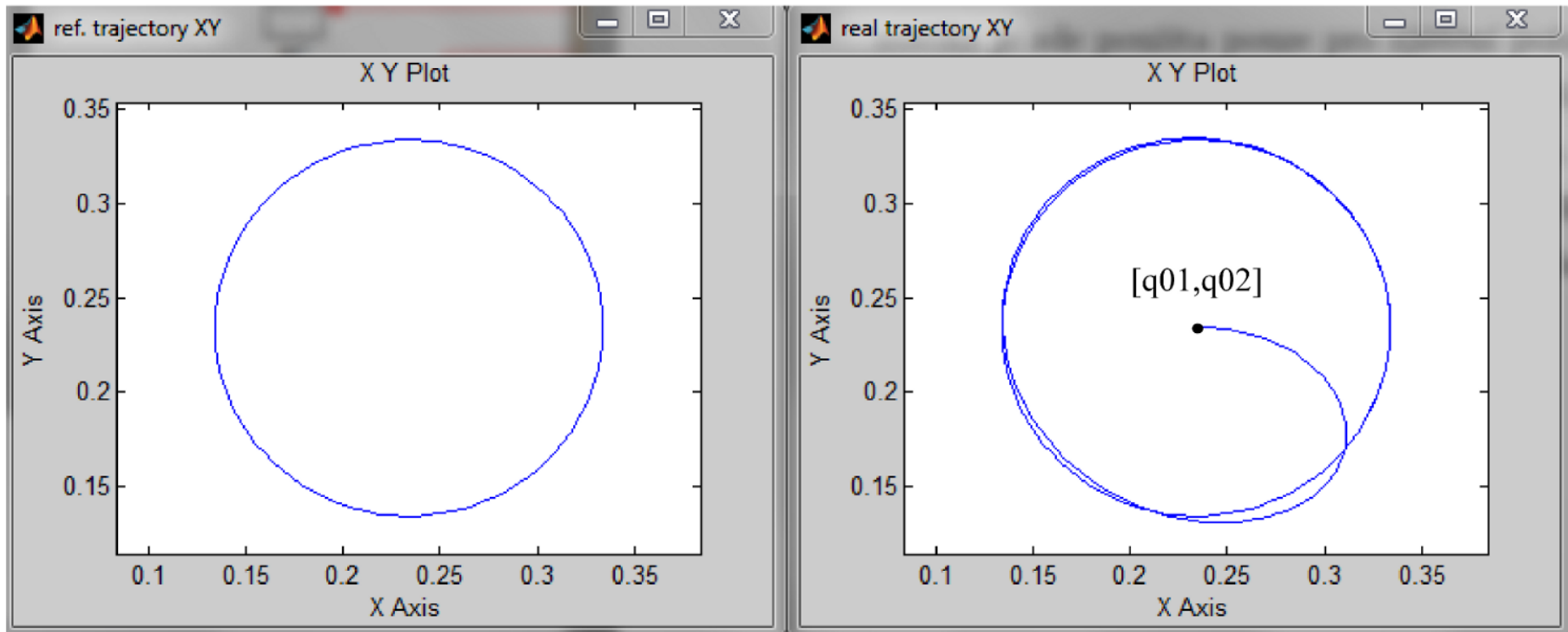


Počítačová simulace zvoleného mechanismu



Počítačová simulace zvoleného mechanismu

NAZEV



Závěr

- Postupně byly splněny všechny cíle BP
 - Přehled mechanismů
 - Matematický model
 - Optimalizace
 - Návrh a úpravy modelu
 - Simulace
- Další postup
 - Dokončení modelu
 - Aplikace navrženého regulátoru
 - Rozšíření řízení o redundantní pohon
 - Rozšíření (upřesnění) matematického modelu
 - Ladění regulátoru

Děkuji za pozornost

Vyjádření k připomínkám oponenta

Zohlednění kritéria tuhosti v optimalizační úloze nutně nevyžaduje použití MKP modelu, lze jej s jistou chybou nahradit i zjednodušeným vícehmotovým modelem. Kritérium tuhosti je z hlediska použití mechanismu jedním z klíčových parametrů.

Jaké další typy optimalizací by byly vhodné pro řešení dané úlohy?

- Zahrnutí více parametrů a kritérií
- Sestavení cílové funkce

- Genetické algoritmy
 - Globální metoda

- Gradientní metody
 - Závisí na počátečním odhadu a váhových kritériích

Jak byla provedena kontrola dosažitelnosti každého řešení provedeného v optimalizaci?

- Z aktuálních hodnot parametrů byly spočteny krajní meze pro souřadnice platformy
- V každém bodě, v němž probíhal výpočet, byly pomocí inverzní kinematiky dopočítány souřadnice pohonů
- Kontrola, zda se pohony nacházejí přípustných mezích

Rozměr h_p má dle mého názoru v tomto provedení také vliv na velikost pracovního prostoru. Viz. str. 51

- Tento rozměr vliv na velikost pracovního prostoru nemá, ovlivňuje ale jeho polohu
- Ovlivněna je tedy velikost zástavbového prostoru a s ním také míra jeho využití
- Vliv na kritérium není velký (přibližně do 2 %)

h_p	workSpaceV	instSpaceV	wS/iS	ZgO9WSmin	ZgO9WSmax
50	0,01238	0,2043	0,0606	513	685
25	0,01238	0,2025	0,0612	488	660
0	0,01238	0,2007	0,0617	463	635

Mohl byste blíže vysvětlit význam stavového pozorovatele v této úloze? Viz. str. 63

- Stavový pozorovatel bude potřeba pro aplikaci navrženého regulátoru na laboratorní model
- Vstupem pro regulátor je odchylka stavů od požadované hodnoty
- Výstupem ze systému jsou polohy pohonů (IRC)
- Stav systému tedy neměříme přímo, ale bude nutné je rekonstruovat

Bylo by možné pro regulaci laboratorního modelu použít obyčejný P nebo PI regulátor?

- P (PI) regulátor je určen pro systémy typu SISO
- Náš mechanismus je systém typu MIMO
- Běžný přístup k návrhu parametrů tohoto druhu regulátoru nezaručuje stabilitu
- Musel by být navržen decentralizovaný regulátor
 - Obtížná úloha, teorie se stále vyvíjí
 - Proti návrhu LQR pracnějšší a méně efektivní

Bylo již navržené LQR řízení použito na reálném laboratorním modelu?

Dosahovala regulace dostatečné přesnosti?

- Bohužel zatím ještě ne
- Model není dokončen a chybí řídicí hardware, přesnost tedy nebylo možné ověřit
- K praktické realizaci by mělo dojít na začátku následujícího semestru

Simulačně bylo LQR řízení testováno na nelineárním systému?

