Oponentní posudek diplomové práce

Řídicí systém pro vysoce přesnou dvoustupňovou polohovací elektromechanickou platformu

Autor: Bc. Adam Polák
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

Kolega Bc. Adam Polák se ve své diplomové práci věnoval problematice vývoje řídicího systému pro dvoustupňovou platformu přesného polohování, která je součástí průmyslového osazovacího robotu pro optické součástky. Klíčovou částí práce je návrh elektromechanického systému a řídící strategie pro úlohu dosažení měkkého dopadu za účelem zrychlení oproti konzervativnímu průmyslovému konceptu realizace. K tomu je navržena dvoustupňová platforma modelovaná jako hybridní dynamicko-logický systém a řízená pomocí prediktivního řízení.

Práce má 71 stran a je členěna do pěti kapitol. V první kapitole je popsána celá struktura včetně použitých pohonů a řídících jednotek, Druhá kapitola popisuje motor a vlastnosti jeho řídicího systému a komunikačního rozhraní mezi ovladačem a platformou MicroLabBox. Lineární pohon (voice-coil) druhého stupně z hlediska jeho řídící elektroniky, řídicího algoritmu a diskusí o konkrétních problémech je řešen v třetí kapitole. Čtvrtá kapitola je věnována modelování a řízení hybridního systému aplikovanému na matematický model dynamiky dvoustupňového systému. Model je pak transformován do formy diskrétních hybridních automatů a používán pro generování hybridního prediktivní řízení. Nakonec je navržen sub-optimální MPC regulátor a chování porovnáno se stávajícím průmyslovým řízením.

V krátkém závěru student deklaruje hlavní přínosy své práce. Za důležitou považuje v první řadě přípravu elektroniky ovládače voice-coil aktuátoru, jeho řízení a výrobu dvou verzí ovladače pro dvě různé platformy. Dále pak si cení vývoje modelu hybridního systému a použití hybridního MPC pro syntézu řízení měkkého přistání. Jako třetí hlavní přínos student uvádí návrh praktického suboptimálního řídicího algoritmu pro měkký dopad fyzického modelu. S tímto sebehodnocením hlavních přínosů práce souhlasím. Kolega Polák během práce úspěšně navrhnul ovladač pro aktuátor s kmitající cívkou (voice-coil) a vyrobil jej ve dvou variantách, jeden pro experimentální demonstrátor a připojení k platformě dSpace a druhý jako BoosterPack pro platformu TI Launchpad. Dále modeloval a simuloval dvoustupňový systém jako hybridní využívající Hybrid Toolbox od A. Bemporada. Na základě výsledků simulace navrhnul suboptimální strategii řízení pomocí lineární prediktivního řízení s metodou přepočtu hmotnosti, která umožňuje měkký dopad pracovního členu při relativně krátkém čase operace ve srovnání s konzervativním průmyslovým řízením montážního robota ve firmě EZconn.

Předložená diplomová práce je celkově na výborné úrovni, působí uceleným a zralým dojmem. Výklad je veden detailně a věcně se zjevným didaktickým nadhledem. Postup autora lze dobře sledovat. Z analýzy stavu problematiky je zjevné, že autor je v oboru práce dobře zorientovaný. Práce je nebývale komplexní zahrnující na jedné straně návrh a realizaci experimentálního demonstrátoru, implementaci do průmyslového kontextu a na druhé straně pak i rozbor a návrh pokročilého způsobu řízení. Práce je kvalitní i z pohledu formálního a malým počtem chyb a překlepů.

Práci kolegy Poláka považuji za velmi zdařilou a nemám k ní žádné podstatné kritické připomínky. Diplomanta chci požádat, aby se během obhajoby vyjádřil k následujícím otázkám.

1) Pro řešení úlohy prediktivního řízení systému jste použil toolbox pro řešení MILP optimalizace. Okomentujte prosím současnou použitelnost této optimalizace přímo v reálně časové aplikaci v regulátoru.

2) Senzor síly zobrazený na obrázku 1.5 byl pravděpodobně použit jen na kontrolu správnosti funkce zařízení. Pro řízení dosahující požadované měkkosti dopadu tedy nebyl nutný ?

3) Jaké jste měl problémy s poruchovými veličinami na senzorech obou pohonů a jak jste se s nimi vypořádal ?

4) Uvažoval jste při návrhu regulátorů vedle polohových senzorů také přídavné měření akcelerometry ?

Závěr

Domnívám se, že předložená diplomová práce pana Bc. Adama Poláka je zdařilým vkladem k pokročilému řízení vícestupňových mechanických soustav v robotice. Je tak přínosem jak z pohledu základního tak i aplikovaného výzkumu a nepochybně více než splňuje obecné nároky kladené na odbornou a vědeckou úroveň diplomových prací. Vytčené cíle byly beze zbytku splněny a získané zkušenosti budou využitelné pro další výzkum a průmyslové zakázky na školícím pracovišti i jinde. Práce je zpracovaná pečlivě a má dobrou úroveň také po stránce výkladové a stylistické.

Předloženou diplomovou práci jednoznačně doporučuji k obhajobě a za předpokladu její úspěšné obhajoby plně souhlasím s tím, aby panu Bc. Adamu Polákovi byl udělen akademický titul „inženýr“ a navrhuji mu hodnocení A „výborně“. Hodnotím 98 body.

V Praze dne 1. června 2019

prof. Ing. Zbyněk Šika, Ph.D.