

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Robotická noha s proměnlivou dynamikou paralelního mechanismu</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>František Kráčmar</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav přístrojové a řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	Milan Anderle
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav přístrojové a řídicí techniky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Diplomová práce spočívá v návrhu a realizaci robotické nohy inspirované čtyřnohým robotem Stanford Doggo.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Předložená diplomová práce splnila zadání. Robotická noha byla navržena, vyrobená, osazena motory a elektronikou a je schopna vykonávat jednoduché pohyby.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student zvolil správný postup řešení, nejprve si nastudoval dostupnou dokumentaci k robotu Stanford Doggo, opravil chyby v mechanickém návrhu a sestavil robotickou nohu. Pak se zabýval identifikací a řízením robotické nohy. Pro řízení robotické nohy student zvolil dva různé postupy.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň diplomové práce je velmi dobrá, jednotlivé kapitoly na sebe navazují. 1. a 2. kapitola obsahuje úvod a přehled současného stavu mobilní robotiky zaměřený na podobné roboty jako Stanford Doggo. 3. a 4. kapitola se zabývá samotnou konstrukcí robotické nohy, její úpravou a osazením elektronikou. 5. a 6. kapitola diplomové práce obsahuje dva zcela odlišné přístupy k řízení robotické nohy, kterými se student zabýval, avšak přístupy nejsou navzájem porovnané.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po grafické stránce je práce velmi pěkně zpracovaná, svým rozsahem odpovídá rozsahu diplomové práce. Sedmá kapitola obsahuje poměrně dlouhé ukázky kódu, který student naprogramoval. Takto rozsáhlé ukázky kódu avšak zhoršují orientaci v kapitole. Proto bych doporučil ukázky kódu přesunout do příloh a v sedmé kapitole ponechat jen např. blokovou strukturu kódu.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Vyjáďte se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Student v práci cituje poměrně velké množství referencí. U obrázku 5.4 bych doporučil citovat jiný zdroj. Buď původní článek nebo dobře známou učebnici teorie řízení.	

#### **Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

V pohybové rovnici (5.7), přesně v tom tvaru, který je uveden, matice C vždy označuje matici odstředivých zrychlení a Coriolisových sil. Proto maticí C označovat matici tlumení je velmi zavádějící. Navíc, ve vašem případě, kdy jednotlivé segmenty mají asymetrické rozložení vah, neplatí, že členy  $d_{12}$  a  $d_{21}$  matice D jsou nulové, a proto pohybová rovnice bude obsahovat odstředivé zrychlení a Coriolisovy síly.

Na obrázku 5.3 pohybuje segmentem 2 kolem hodnoty  $300^\circ$ , ale jako pracovní bod jste zvolil hodnotu  $273^\circ$ . Experimentální ověření je vhodné provést v okolí pracovního bodu.

V práci jednoznačně chybí porovnání obou přístupů řízení robotické nohy. Navíc v 5. kapitole je odezva na skok vyjádřena ve stupních, je uvažováno pouze natočení nohy, ale v 6. kapitole je odezva na skok vyjádřena v metrech, uvažuje se délka virtuální nohy. Tudíž není ani možné navzájem porovnat průběhy v jednotlivých obrázcích.

Rovnice (6.5) vyjadřující délku virtuální nohy bude platit jen v případě, že všechny linky mají stejnou délku. Což je v rozporu s obrázkem 6.1.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Na první pohled diplomová práce působí velmi dobrým dojmem, který je ještě umocněn grafickým zpracováním. Nicméně samotné kapitoly 5 a 6 již takto precizním dojmem nepůsobí. Např. bez jakéhokoli vysvětlení se experimentální část v páté kapitole zabývá pouze jednou nohou a pouze jejím natočením. Dále se v experimentální části 5. kapitoly autor práce ani nepokouší zpřesnit kvalitu řízení. Pouze se odvolává na tření v ložiscích. V 6. kapitole se autor práce zabývá řízením dynamické odezvy virtuální nohy, ale jak tuto metodu využít pro sledování referenční trajektorie autor neuvádí. Celkově diplomová práce, vzhledem k tomu, že se zabývá hlavně praktickou realizací, obsahuje jen velmi málo experimentů. Navíc žádný z experimentů neukazuje možnosti sledování referenční trajektorie, kterou by měla robotická noha sledovat při chůzi.

Uvádíte, že jste ve svém návrhu robotické nohy opravil některé známé chyby v mechanickém návrhu čtyřnohého robota Doggo. Jedná se o váš vlastní návrh, nebo jste se inspiroval již hotovými opravami? Publikoval jste někde opravy, které jste udělal?

Z jakého důvodu neuvádíte porovnání simulovaného a reálného průběhu pohybu u segmentu 1 v kapitole 5.3 a porovnání odezvy na skok u segmentu 1 v kapitole 5.5? Porovnával jste i simulaci linearizovaného modelu s experimentem u obou segmentů?

Pro simulaci chování a řízení BLDC motoru jste používal pouze simulinkové schéma na obrázku 6.7? Blok BLDC motoru v Simscape jste nepoužil?

Která z metod uvedených v 5. a 6. kapitole je dle vás vhodnější pro praktické nasazení skutečného Stanford Doggo?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 3.9.2021

Podpis: