

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Dynamic Control of Collaborative Robot KUKA LBR iiwa - Demonstrator System</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Maroš Mešter</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Jiří Zemánek, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra řídicí techniky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bylo náročnější svým rozsahem. Vyžadovalo práci s řídicím systémem kolaborativního robota KUKA LBR iiwa, porovnání různých způsobů jeho řízení a vytvoření demonstračního systému. To zahrnovalo návrh hardwaru, matematické modelování a návrh regulátorů.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</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>	
Student prozkoumal řízení robotické ruky a vyzkoušel různé demonstrační úlohy. Hra Kendama a stabilizace inverzního kyvadla nejsou zatím plně funkční, ale vzhledem ke složitosti systému a technickým komplikacím, tento nedostatek nehodnotím negativně.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student pracoval aktivně a pravidelně konzultoval postup i problémy. Na konzultace byl vždy dobře připraven. Samostatně řešil technické komplikace, jako je měření polohy zátěže pomocí kamery a senzorů natočení s přenosem dat do řídicí aplikace.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student prokázal znalosti v oblasti automatického řízení, robotiky a modelování dynamických systémů. Musel se samostatně zorientovat v komplexním systému řízení kolaborativního robota KUKA LBR iiwa a řešit modelování hybridních systémů.	

<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>	
Sazba textu je kvalitní. Text je doplněn vhodnými obrázky a ilustracemi. Struktura práce je logická a přehledná.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**A - výborně**

*Vyjádřete 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.*

Student využil vědecké články a další odborné texty, včetně materiálů z kurzu Underactuated Robotics a technických manuálů. Zdroje jsou citovány korektně a převzaté části jsou řádně odlišeny. Odkazy na manuály mohly být odděleny od jiné literatury.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.*

Zadání práce bylo ambiciózní, vyžadovalo zorientování se v systému řízení průmyslového robota a jeho využití pro demonstrace dynamického řízení. To zahrnovalo řešení mnoha dílčích problémů, včetně komunikace jednotlivých komponent, konstrukce mechanické části, matematického modelování, návrhu regulátorů a řešení kinematických úloh.

Předloženou **závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm A - výborně.**

Datum: 4.6.2024

Podpis:



# THESIS REVIEWER'S REPORT

## 1 IDENTIFICATION DATA

Thesis title: **Dynamic Control of Collaborative Robot KUKA LBR iiwa - Demonstrator System**  
Author's name: **Maroš Mešter**  
Type of thesis: bachelor  
Faculty/Institute: Faculty of Electrical Engineering  
Department: Department of Control Engineering

---

Thesis reviewer: Ing. Vladimír Petrik, Ph.D.  
Reviewer's department: IMPACT, CIIRC, CVUT

## 2 EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

**Assignment** **challenging**

---

The goal of the thesis was to control the KUKA LBR IIWA robot dynamically and to design a suitable hardware setup. The combination of hardware design and robot control makes the assignment challenging.

**Fulfilment of assignment** **fulfilled with minor objections**

---

All main goals of the thesis were fulfilled. However, no feedback control was evaluated in the thesis - the assignment states that both the feedforward and feedback control should be investigated.

**Methodology** **correct**

---

The methodology is correct. The possible solutions how to control the robot were studied and two of them were selected for the demonstrator. Three tasks were defined for the demonstrator. The first task was completed successfully; the second task was evaluated but did not work as expected, the extension of the formulation was proposed but was not evaluated; the hardware for the third task was prepared but the control part was not finished.

**Technical level** **A - excellent**

---

From the technical point of view, the thesis is well prepared. The safety mechanism was set up for the robot and the open-loop control was evaluated.



## THESIS REVIEWER'S REPORT

Formal and language level, scope of thesis

B - very good

- The thesis is well-organized and the language is clear.
- There are a few minor typos ("sends the the desired", "opne-control").
- The ReadMe of the supplementary contains only the text: "read me file". It should contain a description of the supplementary.
- In Sec. 4.4, it is said that moving on straight line is without any open-loop control. Sending commands to move robot on a straight line is an open-loop control. "Without control shaping" would be better term here.
- Before I read the conclusion, the meaning of the Sec. 5.5 was not clear to me. It would be beneficial to emphasize directly in the section that the extension is outside the scope of the thesis.

Selection of sources, citation correctness

A - excellent

Citations are correct and the sources are relevant.

### 3 OVERALL EVALUATION

#### Questions:

- Inverse kinematics is used in the Chapter 5 to compute the path in joint angles. How was it assured that the path in joint space is continuous? Was there any mechanism that selects the suitable solution of the inverse kinematics?
- In Fig. 5.6, there are some outlier measurements (orange) that do not follow the sinusoidal shape. What caused them?

Overall, the thesis is well written and a lot of work was done. What is missing is the feedback control for which the hardware was prepared, however, control software was not finished.

The grade that I award for the thesis is **B - very good**.

Date: June 3, 2024

Signature: