

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Vehicle Slip Ratio Control System for Torque Vectoring Functionality</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Petr Turovec</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. Tomáš Haniš, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra řídicí techniky, ČVUT FEL

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Bakalářská práce se zabývá návrhem řídicího systému příčné dynamiky vozu založeném na anti_symetrické distribuci hnacího momentu v rámci dané nápravy (torque vectoring). Fyzikální omezení pneumatiky a zároveň dominantní nelinearita systému je ošetřena pomocí inovativního přístupu řízení hnacího momentu na základě podélného skluzu pneumatiky.	
<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>	
Student zadání splnil ve všech bodech v plné míře	
<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 byl velmi aktivní, na dohodnuté termíny chodil připraven.	
<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>	
Předložená práce je odpovídající teoretické úrovni. Student byl schopen použít teoretické výsledky a aplikovat je na reálný problém průmyslové úrovně s reálnými daty.	
<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>	
Předložená práce je v anglickém jazyce a plně odpovídá rozsahem a formou.	
<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>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.</i>	
Student prokázal schopnost pracovat s literaturou a plně využít teoretické znalosti, které získal během studia.	
<b>Další komentáře a hodnocení</b>	
<i>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.</i>	

Student se dobře zorientoval v problematice a dodal řešení využívající poznatky v oblasti systémů řízení navázané na relevantní problematiku průmyslové úrovně.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

Student naimplementoval model nelineární dynamiky vozu, kterou validoval s realnými daty a komunitou uznávaným high-fidelity simulátorem jízdní dynamiky. Dále neimplementoval a naladil hierarchický systém řízení dynamiky vozu využívající metodu přizpůsobení modelu. Tento systém využívá jako akční zásah metodu rozdělení trakčního momentu, dále řízení podélného skluzu a nakonec ovládání přímo úhlu natočení předních kol. Výsledné algoritmy byly validovány na high-fidelity simulatoru (IPG - CarMaker). Vybrané řídicí strategie byly validovány na reálném vozu ve spolupráci s týmem eForce Formula Student.

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

Datum: 31.5.2019

Podpis:



## **Bachelor thesis opponent's review**

**Master thesis:** Vehicle slip ration control system for torque vectoring functionality

**Author:** Petr Turnovec

**Thesis supervisor:** Ing. Tomáš Haniš, Ph.D.

**Thesis opponent:** Ing. Petr Liškář

Rating (1 – 5)  
(1 = best; 5 = worst):

1. Fulfillment of assignment requirements:	<input type="text" value="1"/>
2. Systematic solutions of individual tasks:	<input type="text" value="1"/>
3. Ability to apply knowledge and to use literature:	<input type="text" value="1"/>
4. Thesis formal and language level:	<input type="text" value="1"/>
5. Thesis readability and structuring:	<input type="text" value="1"/>
6. Thesis professional level:	<input type="text" value="1"/>
7. Conclusions and their formulation:	<input type="text" value="1"/>
8. Final mark evaluation (A, B, C, D, E, F):	<input type="text" value="A"/>
<b>verbal:</b>	excellent

### **Brief summary evaluation of the thesis (compulsory):**

Presented Bachelor thesis fulfills all necessary formal aspects and assigned requirements. It is very well structured, organized, easy to read, yet still on high professional level.

Student clearly demonstrated his ability to develop, implement and compare two solutions of Torque vectoring system, to validate, apply and evaluate the achieved results on the real vehicle.

Even though the model-based-desing is prone to solve the issues in a virtually ideal world, the author of the thesis had never lost an ability to see the true physics behind. This was demonstrated through multiple comments, but also practically. Using the same 100 Hz frequency for the simulation as it is available on the eFormula CAN bus and numerous attempts to solve the noise issue of the slip ratio signal may be the examples.

It was surprising to the reviewer to see the author was satisfied while the Torque vectoring with Slip ratio control to be set in more conservative manner, i.e. to slow down the vehicle at some moments to simplify lateral control for the driver. For a motorsport application, any speed or power gain typically overwhelms other factors and skillful driver is present to handle the situation.



**Questions:**

1. How would you evaluate handling response on yaw rate from the driver's perspective?

Date: 9<sup>th</sup> June 2019

Signature: Petr Liškář

**Notes:**

- 1) The total thesis evaluation needn't be determined by the partial evaluations average.
- 2) The total evaluation (item 8) should be from the following scale:

excellent	very good	good	satisfactory	sufficient	insufficient
A	B	C	D	E	F