

## I. IDENTIFICATION DATA

<b>Thesis title:</b>	<b>Development of software for motor controller of an electric formula</b>
<b>Author's name:</b>	<b>Vojtěch Michal</b>
<b>Type of thesis :</b>	bachelor
<b>Faculty/Institute:</b>	Faculty of Electrical Engineering (FEE)
<b>Department:</b>	Department of Control Engineering
<b>Thesis reviewer:</b>	Ing. Denis Efremov
<b>Reviewer's department:</b>	Department of Control Engineering

## II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

<b>Assignment</b>	<b>extraordinarily challenging</b>
<i>How demanding was the assigned project?</i>	
<p>The student had to get familiar with the characteristics and mathematical model of the three-phase permanent magnet synchronous motor (PMSM). The thesis had to be aimed at developing of software controller for these types of engines used in the new eForce formula prototype. The controller had to be implemented in low-level programming language and verified on simulations and real laboratory hardware.</p> <p>I'm marking the assignment's difficulty as extraordinarily challenging for a bachelor thesis. The thesis assignment is suitable for master's students.</p>	

<b>Fulfilment of assignment</b>	<b>fulfilled</b>
<i>How well does the thesis fulfil the assigned task? Have the primary goals been achieved? Which assigned tasks have been incompletely covered, and which parts of the thesis are overextended? Justify your answer.</i>	
All assignment tasks are fully fulfilled without any exception.	

<b>Activity and independence when creating final thesis</b>	<b>A - excellent.</b>
<i>Assess whether the student had a positive approach, whether the time limits were met, whether the conception was regularly consulted and whether the student was well prepared for the consultations. Assess the student's ability to work independently.</i>	
<p>The student activity was outstanding. He did the work very well, managing all the time limits. Our consultations were regular and efficient because Mr. Michal always had a prepared list of questions and possible solutions to discussed issues. Working with him could only be evaluated positively. The student worked independently and communicated with experts in the field of PMSM modeling and control on his initiative.</p>	

<b>Technical level</b>	<b>A - excellent.</b>
<i>Is the thesis technically sound? How well did the student employ expertise in his/her field of study? Does the student explain clearly what he/she has done?</i>	
<p>The technical level of the thesis could be compared with short dissertations or books in the field of PMSM modeling and control field. All the theory behind implementing the proposed solution is well covered in the thesis. The student clearly explains each detail in his implementation.</p>	

<b>Formal level and language level, scope of thesis</b>	<b>A - excellent.</b>
<i>Are formalisms and notations used properly? Is the thesis organized in a logical way? Is the thesis sufficiently extensive? Is the thesis well-presented? Is the language clear and understandable? Is the English satisfactory?</i>	
<p>The work is well-structured and well-organized. Each chapter covers its particular subject. The language is clear and understandable.</p>	

**Selection of sources, citation correctness****A - excellent.**

*Does the thesis make adequate reference to earlier work on the topic? Was the selection of sources adequate? Is the student's original work clearly distinguished from earlier work in the field? Do the bibliographic citations meet the standards?*

The thesis adequately references all the required sources. The selection of sources is satisfactory. The student's original work is distinguished from the used bibliography. The bibliographic citations meet the standards.

**Additional commentary and evaluation (optional)**

*Comment on the overall quality of the thesis, its novelty and its impact on the field, its strengths and weaknesses, the utility of the solution that is presented, the theoretical/formal level, the student's skillfulness, etc.*

The quality of the thesis is high. It covers all needed parts from the physics behind the three-phase synchronous motors and system modeling to control development and its implementation on digital hardware. I want to admit that the result of this work will be used in an actual Formula Student vehicle, which is a self-describing achievement of the work.

### III. OVERALL EVALUATION, QUESTIONS FOR THE PRESENTATION AND DEFENSE OF THE THESIS, SUGGESTED GRADE

*Summarize your opinion on the thesis and explain your final grading.*

The work results are absolutely satisfactory. I marked this work with the highest possible grade in each part of this evaluation.

The grade that I award for the thesis is **A - excellent**.

Date: **29.5.2022**

Signature:

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Development of software for motor controller of an electric formula</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Vojtěch Michal</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Pavel Cejnar, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Eaton (EEIC)

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Téma bakalářské práce z pohledu své náročnosti hodnotím jako nadstandardní. Téma očekává některé znalosti získané až ve vyšších ročnících vysoké školy, výběr svědčí o ambicích řešitele hluboce porozumět problematice.	

<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 bakalářská práce svými praktickými výsledky výrazně přesahuje očekávané minimum pro splnění bakalářské práce. Všech pět bodů zadání bylo splněno, bez námitek.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student matematicky analyzoval PMSM motor, provedl analýzu pro vhodné řízení momentu, analýzu vhodné modulační techniky, uvádí rizika pro řízení, které reflektuje při zavadení do skutečného regulátoru. Odezvy systému na jednotkové skoky vykazují teoretické i praktické zvládnutí regulace ve smyslu říditelnosti a dosažitelnosti. V praktické části se dále věnuje filtrování zarušeného signálu. Postup řešení bez námitek.	

<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>	
Práce vykazuje vysokou odbornou úroveň, odkazy v literatuře považuji za tématicky relevantní. Práce by mohla dobře posloužit i jako osnova pro výuku torie regulace i řízení střídavých elektrických pohonů.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Zvolená forma popisu problematiky svědčí o velmi dobré deskriptivní úrovni řešitele. Kapitoly jsou logicky řazeny, popisy a odkazy jsou čitelné a jasné. U vzorců bych vytkl absenci jednotek, ale je jasné, že téma předpokládá čtenáře odborně již na takové úrovni, že toto není třeba.	

<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>	
Odkazy v literatuře považuji za tématicky relevantní. V práci jsem neshledal jakékoliv porušení etiky, vždy je jasné uvedeno, kdo je autorem uvedených informací. Citace jsou úplné, v souladu s citačními zvyklostmi a normami.	

**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.*

Vzhledem k tématu, tzn. řízení elektrického pohonu, považuji body zadání za relevantní, a všechny body zadání za splněné. Práce sice uvádí v kap. 4.4.1 riziko tepelné závislosti pro ADC převodníky, nezmiňuje ale riziko změn odporu statorového vinutí motoru s teplotou na stabilitu regulace ani v kap. 6 (identifikace systému) - to doporučuji řešiteli zohlednit v jeho dalším úsilí. Experimentální zručnost svědčí o výborné erudici řešitele.

**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.*

- 1) V momentové rovnici (2.17) se objevuje lineární závislost odporu na otáčkách- platí toto bez výhrady?*
- 2) Předposlední věta odstavce 2.2.5 není dokončená- uveďte, jak by jste kompenzoval zvlnění momentu při malých otáčkách BLDC.*
- 3) Závěr kapitoly 2.2.7- co se stane v reálném systému elektrického pohonu, ztratí-li permanentní magnety (např.překročením Curieovy teploty) svoji magnetizaci?*
- 4) Kap. 3.2- připojení stejnosměrné strany z baterie nebo neřízeného usměrňovače- uveďte základní rozdíl pro funkci elektrického pohonu v jeho možných režimech.*

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

Datum: 1.6.2022

Podpis: