POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**EV battery pack State of Charge and State of Health estimation**
Jméno autora:	**Bc. Jan Kučera**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra Řídicí Techniky
Vedoucí práce:	Ing. David Vošahlík
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra Řídicí Techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **mimořádně náročné**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadaná práce svým objemem převyšovala standard diplomových prací. Nejprve bylo potřeba navrhnout měření a poté změřit parametry bateriového článku použitého ve studentské formuli. Následně bylo potřeba seznámit se s algoritmy používanými pro odhadování stavu nabití a indikátoru zdraví baterky (state of health) a poté navrhnout a validovat systém pro odhadování těchto veličin s cílem nasadit ho v budoucnu na studentskou formuli. Bylo tedy nutné všechen vývoj SW přizpůsobit následnému embedded nasazení. Validace algoritmů probíhala na změřených datech.

Splnění zadání **splněno**

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.

Student splnil všechny body zadání.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce **B - velmi dobře**

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 samostatné tvůrčí práce.

Student velice aktivně průběh práce konzultoval a většinou dodržoval dohodnuté termíny. Zároveň na konzultace přicházel s návrhy řešení jednotlivých problémů, kterým zrovna čelil.

Odborná úroveň **A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Odbornost práce je na vysoké úrovni. Práce aplikuje moderní postupy pro měření Lion bateriových článků a také v literatuře rozšířené postupy pro odhadování stavu nabití a indikátoru zdraví baterky. Mimoto student dokázal bez problémů aplikovat znalosti nabyté studiem.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **B - velmi dobře**

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je napsaná v angličtině a krom drobných překlepů splňuje kritéria na dobrou diplomovou práci z hlediska jazykové úrovně. Typograficky je práce sepsána korektně a nemám větší výhrady.

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 aktivně hledal relevantní zdroje z dané oblasti a správně je použil v práci. Všechny převzaté věci a stejně tak vlastní tvorba jsou označeny a splňují citační etiku. Citace jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi.

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.
Studentovo programové řešení splňuje standardy pro dobrý kód. Je okomentováno, správně členěno a dobře čitelné. Úroveň dosažených výsledků je vysoká. Jan algoritmy použité pro odhadování vyvinul ve spolupráci s průmyslovým partnerem Garrett motion, kde je plánováno výsledky práce dále rozvíjet.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Janovo zadání diplomové práce bylo ambiciózní. Jan se s tímto úkolem vyrovnal velice dobře. Výsledky prezentované v diplomové práci jsou na vysoké úrovni. Jan pracoval většinou samostatně a na konzultace chodil vždy připraven. Na konzultace chodil s problémy a současně s možnými návrhy řešení. Jan musel využít multioborové znalosti z měření a odhadování, což činilo práci náročnou. Jan validoval a navrhoval dané algoritmy pro použití ve studentské formuli s průmyslovým partnerem Garrett motion. Jan tedy musel spolupracovat ve vývojovém týmu studentské formule a současně s vývojovým týmem průmyslového partnera. Díky Janově práci je možné v budoucnu nasadit vyvinutý algoritmus na odhadování stavu nabití a indikaci zdravotního stavu baterky na studentskou formuli a tím zvýšit šance na lepší umístění v soutěžích, kterých se celý tým účastní. Celkově jsem s Janovou prací velmi spokojen.

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

Datum: 3.6.2022 Podpis:

THESIS REVIEWER'S REPORT

I. IDENTIFICATION DATA

Thesis title:	**Electric Vehicle Battery Pack State of Charge and State of Health Estimation**
Author's name:	**Jan Kučera**
Type of thesis :	master
Faculty/Institute:	Faculty of Electrical Engineering (FEE)
Department:	Department of Control Engineering
Thesis reviewer:	M.Sc. Václav Knap, Ph.D.
Reviewer's department:	Department of Electrotechnology

II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

Assignment **challenging**

How demanding was the assigned project?

The project tackled a relevant and timely topic of lithium-ion batteries used in electric vehicles. It was based mainly on the implementation of common estimation techniques; however, its scope was fairly large, regarding the inclusion of state-of-charge and state-of-health estimation.

Fulfilment of assignment **fulfilled with minor objections**

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.

The thesis addresses sufficiently and well the first four tasks and goals as stated in the assignment. However, the validation of both algorithms is incomplete and insufficient according to the standard practices. It is acknowledged though that there might be various obstacles to achieving this task in sufficient depth and in time.

Methodology **correct**

Comment on the correctness of the approach and/or the solution methods.

The introduced methodology of modeling and state estimation is correct. Occasionally, there are missing parts or details of descriptions (e.g., the temperature part of the model). Moreover, a validation of the estimators is required to determine their correctness, ability to converge, and their accuracy. Since a reference was not established or the established simulations do not cover the operation conditions, a proper validation was not achieved.

Technical level **B - very good.**

Is the thesis technically sound? How well did the student employ expertise in the field of his/her field of study? Does the student explain clearly what he/she has done?

The thesis is technically sound. The applied techniques are well described. However, some descriptions of experiments, simulations, or results are not described all the time very clearly, and could be improved.

Formal and language level, scope of thesis **B - very good.**

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?

The student followed a standard notation. The thesis was organized to have a logical structure following the workflow. Though, beneficial may be a separate methodology section providing an overall picture and describing clearly adopted approaches and procedures. The coverage of the thesis is very sufficient, and the presentation form is very good. The language is intelligible and appropriate to non-native English speakers of a master's level.

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 covers the relevant and important work from the field. Its usage is sufficient and at a good technical level.

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.
-

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. Pose questions that should be answered during the presentation and defense of the student's work.

The thesis is well written. The selected topic is topical and practical to nowadays needs and trends in the industry. The student based his work on literature, and then applied and adjusted the techniques to his specific topic. The student manifested curiosity and attempted to interpret the observed results. In the thesis, there are present minor mistakes and peculiarities. Especially, an engineering student shall pay large attention to using the correct units. Moreover, it is important to remember that any developed models and estimation algorithms need a proper validation that will convincingly demonstrate their performance. Generally, I found the thesis very good with occasional details to be improved.

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

Questions:

The selected approach for SOH estimation was a joint capacity estimation when SOC and SOH are estimated jointly at the same time step. In what time scales does SOC change? In what time scales does SOH change? Do you think it is suitable to estimate them in the implemented way? What do you think are possible risks of this approach? What could you do to mitigate them?

How exactly this newer SOC estimation would be used and help in Formula Student (to bring more points)? What other functionalities and algorithms do you think could be beneficial to the formula?

Date: **8.6.2022** Signature: