

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>ABS system modelling and control strategies development</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Tomáš Veselý</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> <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	<b>mimořádně náročné</b>
Předložená práce se zabývá návrhem a testováním brzdného řídicího systému, který zabraňuje zablokování jednotlivých kol vozu a tím ztráty ovladatelnosti vozu v příčném směru. Typickým komerčním reprezentantem takového systému, založeného na vhodné aktivaci brzdě soustavy, je známý jako ABS (Anti-lock Brake System). Předložená práce si bere za úkol implementaci referenčního algoritmu ABS a dále algoritmu vycházejícího z Drive-by-Wire konceptu. Jedním z hlavních cílů předložené práce bylo porovnání vlastností jednotlivých systémů.	
<b>Splnění zadání</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>	<b>splněno</b>
Student zadání splnil ve všech bodech v plné míře	
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</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>	<b>A - výborně</b>
Student byl velmi aktivní, na dohodnuté termíny chodil připraven.	
<b>Odborná úroveň</b> <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	<b>A - výborně</b>
Předložená práce je na výborné technické úrovni. Kde student byl schopen předložit řešení problému na průmyslové úrovni.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b> <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	<b>A - výborně</b>
Předložená práce je v anglickém jazyce a plně odpovídá rozsahem a formou.	
<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</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>	<b>A - výborně</b>
Student prokázal schopnost pracovat s literaturou.	

**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.*

Student se velmi dobře zorientoval v problematice a naimplementoval algoritmy spolu s testovacím prostředím, které dovoluje srovnání klíčových aspektů brzdících systémů vozu.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

Student naimplementoval dva algoritmy ABS. Konvenční brzdny algoritmus, který využívá zpětnovazební řízení brzdneho momentu na základě podélného úhlu skluzu. Tato implementace se v předložené práci používá jako referenční. Dále student naimplementoval brzdny algoritmus ve smyslu Drive-by-Wire. Tento algoritmus umožňuje distribuci brzdneho momentu mezi regenerativní brždění a konvenční třecí brzdy. Pro potřeby testování student vytvořil detailní matematický model brzdne soustavy v konvenční konfiguraci a Brake-by-Wire konfiguraci. V neposlední řadě student navrhl a otestoval nouzový brzdny systém, který využívá anti-symetrické natočení kol pro každou nápravu.

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

Datum: 3.6.2020

Podpis:

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>ABS system modelling and control strategies development</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Veselý Tomáš (474780)</b>
<b>Typ práce:</b>	<b>bakalářská</b>
<b>Fakulta/ústav:</b>	<b>Fakulta elektrotechnická (FEL)</b>
<b>Katedra/ústav:</b>	<b>Katedra řídicí techniky</b>
<b>Oponent práce:</b>	<b>Ing. Matěj Kuře</b>
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	<b>Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze</b>

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Bakalářská práce se zabývá adopcí a úpravou dvoustupého modelu vozidla a komponent potřebných pro funkci systému ABS, návrhem a implementací řídicích algoritmů v prostředí Simulink/Simscape a následným simulačním ověřením jejich funkčnosti. Práce má 54 stránek plus přílohy a je členěna do jednotlivých kapitol. Po úvodu student v kapitole 2 stručně popsal adoptovaný model a úpravy, které byly na modelu provedeny. V následující kapitole se nachází přehled brzdných systémů a jejich komponent, které jsou v kapitole 4 implementovány. Jmenovitě se jedná o klasickou hydraulickou soustavu, rekuperační brzdění, systém brake by wire a brake by steer. Funkce a typy systémů ABS jsou představeny v kapitole 5, v kapitolách 6 a 7 se nachází samotná práce na řídicích algoritmech, jejich implementacích a validacích. Výsledky práce jsou souhrnně komentovány v závěrečném shrnutí.</p> <p>Vzhledem k množství navržených řešení a jejich validací považuji předloženou bakalářskou práci za komplexnější, a tedy i náročnější.</p>	

<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>	
<p>V práci je místo jednostupého modelu implementován dvoustupý model, avšak tuto skutečnost považuji za přínosnou, neboť dvoustupý model lépe popisuje dynamiku vozidla a je vhodnější pro posuzování jeho stability. Student v předložené práci splnil všechny body zadání.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Vložte komentář.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Student ve své práci prokázal, že dané problematice rozumí a dokáže ze získaných znalostí navrhnout a namodelovat funkční řídicí algoritmy. Na druhou stranu považuji řešerši v oblasti systémů ABS za slabou a rozšíření hodnou. Kapitola 5 obsahuje pouze shrnutí funkcí systému ABS a jeho základní rozdělení, nicméně postrádám řešerši na řízení systémů ABS.</p>	

<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>	
<p>Formální stránku práce hodnotím výborně. Práce používá standardizovanou šablonu, kapitoly jsou číslované, stejně tak jako vložené obrázky a tabulky, a díky tomu je práce přehledná a snadno se v ní orientuje. I přesto jsem objevil pár drobných nedostatků:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapitola 2, str. 4 nahoře: Chybí index u steering angle <math>\delta</math>.</li> <li>• Rovnice 2.4, str. 4: Ve jmenovateli se nachází nadbytečná svíslá závorka (pravá).</li> </ul>	

- Obrázek 2.4, str. 5: Ocenil bych, aby i schéma modelu reflektovalo natáčení všech 4 kol.
- Obrázek 3.5, str. 18: Mírně matoucí obrázek. Kladné směry nekorespondují se schématem modelu (obr. 2.4). Pokud se jedná o ilustraci, neudával bych do obrázku vyznačení kladných směrů jednotlivých veličin, případně v popisu zmínil, že se jedná pouze o ilustraci.
- Obrázek 7.1, str. 43: Nesedí schéma s textem. V textu píšete, že vstupem je referenční zrychlení ve příčném směru, na obrázku je vstupem rychlost v příčném směru *vy\_ref*.
- Obrázek 7.2, str. 44: Ocenil bych, aby v obrázku byly zaznačené kladné směry souřadného systému.

Oceňuji, že student sepsal svoji závěrečnou práci v anglickém jazyce. Považuji toto rozhodnutí za rozumné, neboť odpadá nutnost překladu odborných výrazů do českého jazyka a dává práci potenciál do budoucna – po určitém rozšíření – pro prezentaci na konferenci. Úroveň angličtiny považuji za velmi dobrou.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

**B - velmi dobře**

*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.*

Práce obsahuje 11 bibliografických zdrojů, převažují knižní publikace. Zdroje pokládám za relevantní a kvalitní. Student cituje dle zvyklostí a je jasně patrné, co je převzato a co jeho práce. Vzhledem ke své výtce k postrádající rešerši nepovažuji počet zdrojů za dostatečný, a proto uděluji hodnocení B – velmi dobře.

### 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.*

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

### 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.*

Předložená práce se zabývá modelováním a návrhem řízení systému ABS. Práce rozšířila model dvoustopého vozidla o komponenty brzdné soustavy a student navrhnul algoritmy řízení brždění kol. Práce srovnává dnes běžně používaný koncept, kterým jsou hydraulické brzdy, s nově vznikajícími koncepty *brake by wire* nebo *brake by steer*. Student prokázal, že dané problematice rozumí a dokáže ze získaných znalostí navrhnout a namodelovat funkční řídicí algoritmy. Všechny body zadání byly naplněny. Na druhou stranu považuji rešerši v oblasti řízení systémů ABS za slabou a rozšíření hodnou, což se nakonec promítlo do mého celkového hodnocení.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

**K práci mám následující otázky:**

V kapitole 7.1 (str. 43) uvažujete maximální úhel natočení jednotlivých kol  $60^\circ$ , jenž je pro brzdění limitován na hodnotu  $35^\circ$ .

1. Proč při validačním ověření v kapitole 7.2.3 (str 49, obr. 7.10) tento vlastní limit překračujete? Jak by vypadaly výsledky při dodržení omezení úhlu natočení kol na  $35^\circ$ ? Obě varianty, prosím, porovnejte.
2. Podle jakých kritérií byla tato maxima zvolena?

Datum: 4.6.2020

Podpis: