

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Brake-by-wire system development</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Tomáš Veselý</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jaroslav Bušek, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ČVUT v Praze – Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Vzhledem ke komplexnosti zadání, které obsahuje jak teoretickou, tak i rozsáhlou praktickou část s důrazem na použitelnost v realizované platformě testovacího vozidla, hodnotím práci jako náročnější. Student musel při řešení projevít nemalou zručnost při návrhu a realizaci zařízení, čemuž předcházela kritická rozsáhlá návrhová část, v níž bylo potřeba vybrat vhodné komponenty.	

<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>	
Všechny body zadání byly bez výhrad splněny. Při implementaci strategií brzdění a následné validaci byl využit HIL přístup, který umožňuje vyřknout sice pouze předběžné závěry o praktické funkčnosti, ale pro ověření konceptu je zcela vhodný.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení považuji za správný. Dílčí kroky na sebe logicky navazují. Provedené rešerše obsahují i kritické zhodnocení možných řešení. Práce si stanovuje jednoznačné a dosažitelné cíle. Též byly zvoleny požadované hlavní parametry, které jsou vztaženy k reálné aplikaci na testovací platformě. Dimenzování komponent je provedeno důsledně a obsahuje zdůvodnění jednotlivých předpokladů. Popis realizace je dokumentován včetně přijatých úprav a ověření jejich přínosu. Z hlediska řízení je práce spíše zaměřena na realizaci s ohledem na HW implementaci. Složitější algoritmy řízení nejsou použity, ale doložená funkčnost zařízení ilustruje, že prozatím nebyly potřeba.	

<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>	
Úvodní rešeršní část je velmi pěkně koncipovaná. Jak svým obsahem, tak i rozsahem odpovídá řešené problematice. Též zhodnocení kladů a záporů v závěru každé dílčí kapitoly popisující jednotlivé technologie/uspořádání brzdových systémů je přínosným prvkem práce. Při následném návrhu konceptu byly prokazatelně využity znalosti získané nejen studiem, ale též nabyté z praxe a odborné literatury. Po odborné stránce je návrh zařízení proveden vhodně a obsahuje relevantní návrhové výpočty umožňující dimenzování vhodných komponent. Stejně tak návrh, a hlavně realizace řízení, jsou provedeny přímočaře a využívají jednoduché přístupy. Například regulace na polohu je založena (pouze) na reléovém řízení. Ačkoliv funkčnost byla prokázána, čekal bych alespoň nějakou úvodní polemiku nad možností použití například PID nebo i jiné regulace. Na druhou stranu by práce opět nabyla na rozsahu.	

<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>	
Celkově je předložená práce po formální stránce na výborné úrovni. Z toho pohledu lze vytknout jen několik kosmetických nedostatků. Jednotka tlaku je v celém textu prezentována jako "Bar", ačkoliv by měla být "bar". Indexy veličin jako "front",	

“wheel” atp. by měly být sázeny bez kurzívy, aby je nebylo možné zaměnit s proměnnými. U kombinovaných jednotek by měla být mezi jednotlivými jednotkami malá mezera. Například použitá jednotka “mms<sup>-1</sup>” jsou mm/s nebo alternativně m/ms.

Jazyková a stylistická úroveň je též výborná. V textu jsem velmi obtížně hledal překlepy. Angličtina je na pěkné úrovni. Text se velmi dobře čte a jednotlivé části na sebe logicky navazují, což je též dáno vhodně zvolenou strukturou práce.

Rozsah práce je značný, a to z důvodu komplexnosti řešení zadaného úkolu, přesto by se daly najít části textu, které by v práci nemusely být. Jedná se například o část kapitoly 3.2.2, v níž je uvedeno možné použití solenoidů, které je racionálně zavrženo, ale přesto následuje na několika stránkách popis možného řešení.

Ve schématech 5.4 a 5.5 chybí znaménko minus u výpočtu regulační odchylky. Vzhledem k funkčnosti ilustrovaného algoritmu lze ale předpokládat, že v realizaci toto znaménko nechybí a jedná se pouze o formální chybu. Nehledě na to, chválím názorná a důsledně provedená schémata, které doplňují textový popis v celém rozsahu práce.

Text se často odvolává na informace, které teprve budou následovat. Například v kapitole 3 se text odvolává (správně s uvedením odkazu) na řešení uvedené v kapitole 4. Ve většině případů to nevadí, ale některé části textu tak nutí přeskakovat vpřed, aby čtenář nezapomněl po několika stránkách, co se má v další kapitole dozvědět. Obdobně odkaz na ilustrativní obrázek 3.2 je uveden v kapitole 3.1.1, ale samotný obrázek je umístěn až o tři stránky dále. Je tak nutné se k obrázku prolistovat.

#### **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.*

Přes 30 citovaných zdrojů dokládá autorovu aktivitu při získávání a využívání odborných publikací. Zvláště v rešeršní části oceňuji důsledné citování zdrojů. Výčet zdrojů obsahuje různorodé typy relevantních publikací od těch teoretických až po manuály použitých komponent, což odpovídá řešené problematice, která zahrnuje jak návrh předurčených rešeršních částí, tak praktickou realizaci zahrnující výběr vhodných komponent a jejich zapojení. Všechny převzaté prvky, včetně autorovy bakalářské práce, jsou řádně odlišeny. Bibliografické 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.*

Student projevils významnou schopnost improvizace, nejen když objednal alternativní driver, ale i když provedl nutnou modifikaci zařízení s využitím minimální nutnosti úpravy konstrukčního uspořádání. Oceňuji též alternaci prozatím nedostupného reálného vozidla využitím HIL přístupu.

Zvolené mechanické uspořádání využívající pákový mechanismus je zajímavým a efektivním řešením pro zvolený koncept. Bohužel, konstrukční provedení není provedeno vhodně. Jak lineární převod pohonů, tak osa hydraulického pístu jsou při pohybu pákového mechanismu z neutrální polohy radiálně namáhány, což může vést v lepším případě pouze k nadměrnému opotřebení a krajně až k zablokování mechanismu, což je u této aplikace kritické. Též by to mohlo způsobovat pokles generovaného momentu na páce v krajních úvratích. Nehledě na to, části pákového mechanismu by také měly být podrobeny návrhu vzhledem k známým silám, které budou na mechanismus působit. Přesto s ohledem na to, že se jedná o koncept, hodnotím praktické provedení jako zdařilé a způsobilé sloužit svému účelu.

### **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 popisuje návrh a realizaci systému brake-by-wire pro vznikající výzkumnou platformu vozidla. Text je z hlediska rozpracování jednotlivých částí vyvážený a po formální stránce na výborné úrovni. Zvláště v úvodní rešeršní části a následně v části dimenzování komponent je text velmi důsledný v popisu. Všechna významná rozhodnutí jsou podložena výpočtem či rozvahou a doplněna přehlednými schématy. Po stránce odborné je text

víceméně přímočarý a například v tématu řízení nezabíhá k alternativním přístupům, což vzhledem k realizační podstatě práce nevadí. Ačkoliv se jedná o první prototyp a z pohledu mechanického uspořádání by bylo vhodné dořešit některé nedostatky, je nutné uznat velkou míru zručnosti, která vedla k předložení funkčního zařízení.

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

**Otázky k obhajobě:**

- 1) Proč byly snímače krajních poloh zapojeny s pull-down rezistorem? Z důvodu detekce jejich poruchy bych je spíše zapojil jako pull-up.
- 2) Bylo pro obsluhu snímačů krajních poloh použito v řídicí desce TI přerušení? Pokud ne, je zaručeno, že při (i nepravděpodobném) přejetí krajní polohy se systém zastaví? Obrázek 5.8 totiž řeší jen aktuální stav snímačů.
- 3) Proč byla použita krabička vyrobená metodou 3D tisku namísto konvenčních elektroinstalačních krabic? Jak je elektronika chráněna proti případnému úniku brzdové kapaliny?

Datum: 8.6.2022

Podpis: