

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Použití systémů řízení letu pro úpravu dynamiky pozemních vozidel</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Marek Lászlo</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra měření
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Juraj Madarás, PhD.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Porsche Engineering Services, s. r. o.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Cieľom predkladanej Diplomovej práce bolo vyšetrenie možností aplikácie systémov riadenia letu a jeho uplatnenie pre stabilizáciu jazdy vozidiel pomocou systému vektorovania krútiaceho momentu vozidla (Torque Vectoring). Za týmto účelom bolo potrebné zhodnotiť možné uplatnenie systémov riadenia letu a ich aplikácia pre pozemné vozidlá. Pre tieto účely bolo ako referenčné zvolené vozidlo Formula Student Týmu eForce FEE Prague, pre ktoré bol v prvom kroku zostavený simulačný model v prostredí IPG Carmaker. Na základe známej dynamiky vozidla bol zostavený referenčný model pre riadenie vektorovania momentu vozidla s pohonom všetkých štyroch kolies. Následne bol navrhnutý riadiaci algoritmus pre riadenie vektorovania momentu v prostredí MATLAB/Simulink a jeho následná implementácia na cieľovú riadiacu jednotku. Navrhnutý riadiaci algoritmus bol verifikovaný na vozidle, a následne vyhodnotený pomocou grafických výstupov.</p> <p>Z vyššie uvedeného je možné konštatovať, že sa jedná o rozsiahlu a časovo náročnú prácu.</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>	
Predkladaná práca spĺňa jednotlivé body zadania v plnom rozsahu.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>V prvej časti práce bola vykonaná analýza prenosu poznatkov z riadenia dynamiky lietadiel a ich uplatnenie pri riadení dynamiky pozemných vozidiel. V tomto prípade by som niektoré úvahy považoval za mierne odvážne, avšak tieto si vyžadujú podrobnejší prehľad a ďalší výskum v danej oblasti.</p> <p>V ďalšej časti boli popísané metódy modelovania a vybrané modely vozidla a jeho častí. V prípade modelu vozidla bol zvolený nelineárny jednostopý model, ktorý bol rozšírený o prítlačnú silu prídavného krídla vozidla Formula Student. Tento model bol ďalej využitý pre generovanie referenčnej stáčaovej rýchlosti (Reference Yaw Rate) pre riadiaci systém.</p> <p>V súčasnosti sa pre generovanie referenčnej stáčaovej rýchlosti využívajú lineárne modely, v tomto prípade použitý nelineárny model bol zvolený z dôvodu športovej charakteristiky cieľového vozidla a za účelom dosiahnutia jeho limitov.</p> <p>V štvrtej kapitole diplomant navrhuje riadiaci softvér systému vektorovania krútiaceho momentu vozidla spolu s podpornými riadiacimi slučkami. Riadiaci softvér je založený na spätno-väzobnom riadení pomocou PI regulátora s Anti-Windup funkciou, kde ako referencia je využitý výstup z jednostopého modelu navrhnutého v predošlej kapitole. Navrhnutá metóda sa využíva v konvenčných stabilizačných systémoch automobilov (ESP, ETS atd.).</p> <p>V poslednej kapitole práce diplomant vykonal verifikáciu celého systému pre vybrané jazdné manévry na ktorých demonštruje kvalitu navrhnutého riadiaceho algoritmu a porovnáva ho s predchádzajúcim stavom bez zásahu riadiaceho systému.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	

Odborná úroveň diplomovej práce je na veľmi dobrej úrovni. Diplomant preukazuje veľmi dobré znalosti v oblasti riadiacich systémov a oblasti dynamiky pohybu automobilov.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**C - dobre**

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

Práca je členená do jednotlivých kapitol podľa bodov zadania. Práca je písaná v Anglickom jazyku, čo považujem za považujem za pozitívum. Niektoré časti však obsahujú gramatické chyby resp. nesprávne zvolené výrazy, čo však neznižuje odbornú úroveň práce. V časti opisujúcej model vozidla sa vyskytujú chyby v pohybových rovniciach jednostopého modelu vozidla (3.8a, 3.8b).

**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.*

Diplomant použil rozsiahly zdroj citácií vrátane technickej, odbornej literatúry. Využitie zdroje sú na veľmi vysokej odbornej úrovni a poukazujú na moderné metódy návrhu riadiacich systémov moderných motorových vozidiel.

**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.*

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Závěrečná práce dáva vo výsledku ucelený prehľad danej problematiky. Súčasťou práce bol na jednej strane teoretický rozbor modelu a riadiaceho algoritmu, na druhej strane jeho praktická implementácia spojená s verifikáciou na reálnom vozidle. Navrhnuté riadiace algoritmy preukazujú funkčnosť daného systému. Niektoré časti práce, napríklad odhad vstupných veličín (rýchlosť vozidla, smerová odchýlka etd.), neboli konzistentné a potrebovali by ďalšie rozšírenie. Ide však o veľmi rozsiahlu tému, ktorá si vyžaduje nadväzujúci výskum a vývoj. Na záver treba zhodnotiť, že navrhnutý riadiaci algoritmus preukazuje zlepšenie dynamických charakteristík vozidla ako aj výhodu oproti algoritmom využívanom v leteckých riadiacich systémoch (Pitch damper, v prípade vozidla Yaw Damper).*

Predloženou záverečnou prácou hodnotím klasifikačným stupňom **B - veľmi dobre**.

**Otázky ku obhajobe:**

1. Referenčný model využitý pre generovanie referenčnej stáčavej rýchlosti (Yaw Rate) využíva údaj o rýchlosti vozidla, ktorá je však odhadovaná len na základe údajov o rýchlosti kolies zadnej nápravy. Aký bude mať vplyv na navrhnutý regulátor chybné odhadnutá rýchlosť vozidla použitá v referenčnom modeli vozidla?
2. Pre riadenie bolo využité spätno-väzobné riadenie na základe stáčavej rýchlosti (Yaw Rate) vozidla. Pre základné rozdelenie momentu však toto rozdelenie nemusí byť dostatočne rýchle a optimálne. Na základe akého stavu, resp. akého údaje by ste navrhli riadenie s doprednou väzbou tak, aby ste dosiahli optimálne rozdelenie momentu:
  - a. Pre dosiahnutie maximálneho pozdĺžneho zrýchlenia s minimálnym preklzom prednej alebo zadnej nápravy v prípade konštantného jazdného povrchu (všetky kolesá na high mue povrchu)
  - b. Pre dosiahnutie minimálnej smerovej odchýlky vozidla (side slip angle) (všetky kolesá na high mue povrchu)

Datum: 28.1.2019

Podpis: