

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Název práce: | Návrh pokročilého trakčního systému vozu |
| Jméno autora: | Bc. Jakub Valerián |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Tomáš Haniš, Ph.D. |
| Pracoviště vedoucího práce: | Katedra řídicí techniky, ČVUT FEL |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Diplomová práce se zabývá návrhem trakčních řídicích systémů s využitím pokročilých metod. Trakční algoritmus plně integrující funkcionalitu kontroly trakce, stejně tak jako ovládání stačivého momentu vozu a tím stabilizaci příčné dynamiky vozu, byl navržen s využitím MPC metodologie. Tato implementace umožňuje přímou formulaci bezpečnostních a trakčních limitů vozu, které jsou inherentně dodržována při regulaci momentů motorů vozu. Toto zadání vzniklo a celá práce byla vedena ve spolupráci s průmyslovým partnerem Porsche-Engineering s.r.o. | |
| Splnění zadání | splněno |
| <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> | |
| Student zadání splnil ve všech bodech v plné míře | |
| Aktivita a samostatnost při zpracování práce | A - výborně |
| <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> | |
| Student byl velmi aktivní, na dohodnuté termíny chodil připraven. | |
| Odborná úroveň | A - výborně |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Předložená práce je naskvělé úrovně. Kde student byl chopen pretavit aktuální teoretické výsledky a aplikovat je na reálný problém průmyslové úrovně. | |
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | A - výborně |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Předložená práce je v anglickém jazyce a plně odpovídá rozsahem a formou. | |
| Výběr zdrojů, korektnost citací | A - výborně |
| <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> | |
| Student prokázal schopnost pracovat s literaturou, komunikovat s průmyslovými i akademickými partnery. | |
| Další komentáře a hodnocení | |
| <i>Vyjáďte 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.</i> | |

Student se velmi dobře zorientoval v problematice a dodal řešení využívající poslední poznatky v oblasti systémů řízení navázané na relevantní problematiku průmyslové úrovně.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Student navázal na práci svých kolegů a převzal nelineární dvoustopý model vozidla, ze kterého odvodil prediktor pro potřeby MPC algoritmu. Dále vhodně specifikoval požadavky a omezení na řídicí systém trakce vozu v souladu se standardy automobilového průmyslu. Toto řešení kombinuje požadavky a funkcionalitu kontroly trakce pro podélnou a příčnou dynamiku vozu najednou. Student následně úspěšně naimplementoval MPC algoritmus založený na těchto požadavcích. Výsledný řídicí systém byl testován na nelineárním dvoustopém modelu vozu a posléze na modelu implementovaném v IPG CarMaker.

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

Datum: 18.8.2021

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Název práce: | Návrh pokročilého trakčního systému vozu |
| Jméno autora: | Bc. Jakub Valerián |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Oponent práce: | Ing. Marek Lászlo |
| Pracoviště oponenta práce: | Siemens Mobility, s.r.o., Siemensova 2715/1, 155 00 Praha |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Cieľom práce bolo navrhnuť pokročilé späťnaväzobné riadenie pozdĺžnej a zároveň aj priečnej dynamiky vozidla za účelom zvýšenia bezpečnosti, ale aj zlepšenia jazdnej dynamiky. Tomu predchádzalo zoznámenie sa so state of the art technológiami aktívnych a pasívnych bezpečnostných systémov, ale aj s konceptmi pohonu a to špeciálne elektromobilov. Splnenie zadania vyžadovalo dobré znalosti napríklad z fyziky, matematiky a teórie riadenia k pochopeniu dynamiky vozidla, návrhu modelu a následne aj k návrhu riadiacej stratégie – prediktívneho riadenia založeného na modeli vozidla. Študent ďalej verifikoval svoj návrh na pokročilejšom multibody modeli vo virtuálnom prostredí IPG CarMaker. Výsledky vyhodnotil pomocou grafických výstupov. | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <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> | |
| Práca splňa všetky body zadania. | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Zvolený postup řešení | správný |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> | |
| Študent sa na začiatku práce oboznámil s problematikou a následne navrhol požiadavky na riadiaci systém čo hodnotím veľmi kladne. Ďalšie riešenie korešpondovalo so zvolenými požiadavkami. Hodnotím kladne aj použitie troch typov modelov rôznych zložitostí pre návrh a verifikáciu riadiaceho algoritmu. Zvolený dvojstopý model nezahŕňa prenos zaťaženia medzi nápravami v závislosti od zrýchlenia a teda ani zmenu normálového zaťaženia pneumatiky, ktoré má významný vplyv na trakciu. Študent ďalej použil multibody model v IPG CarMaker, ktorým svoje riešenie verifikoval. Aj keď rozumiem problematike získavania dát z vozidiel, v práci mi chýbalo pojednanie o spoľahlivosti modelov. Z výsledkov je zrejmé, že navrhované prediktívne riadenie zlepšuje stabilitu vozidla v modelových situáciách. V závere práce študent zhodnotil výsledky a správne adresoval obmedzenia riešenia a možnosti budúcej práce. | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Odborná úroveň | C - dobře |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Študent navrhol a matematicky popísal dvojstopý model, vytvoril prediktívny riadiaci algoritmus a riešenie verifikoval čím preukázal interdisciplinárne znalosti. Použitý referenčný kinematický model (5.1) je definovaný chybné a ako hovorí študent vo svojej práci, pre potreby riadenia dáva vhodné výsledky iba v nízkych rýchlostiach. V práci sa model používa bez rozšírenia aj vo vysokých rýchlostiach čím dochádza k významným odchýlkam referenčnej od aktuálnej hodnoty uhľovej rýchlosti. | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | B - velmi dobře |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Po formálnej stránke je práca dobre štruktúrovaná. Práca obsahuje málo gramatických chýb, avšak miestami chýba čiarka, alebo je chybný syntax. Práca je písaná v anglickom jazyku čo považujem za pozitívne a chyby do istej miery pochopiteľné. | |

Obtekanie grafov textom je miestami menej prehľadné a teda zhoršuje orientáciu v texte. Vo všeobecnosti je práca prehľadná a doplnená vhodnými ilustračnými obrázkami. Spomenuté chyby výrazne nevedú k zhoršeniu kvality práce.

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.

Študent použil viacero odborných zdrojov a publikácií, ktoré sú relevantné k téme práci. Korektne nadviazal na predošlé práce zaoberajúce sa problematikou modelovania a riadenia dynamiky vozidla.

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

Závěrečná práce je dobre členená, poskytuje ucelený prehľad o postupe v práci od zoznámenia sa s problematikou po nadefinovanie požiadaviek až po samotnú realizáciu riadiaceho algoritmu a jeho verifikácie. Študent využíva MATLAB/Simulink na návrh a virtuálne prostredie IPG CarMaker na verifikáciu. V práci sa vyskytuje zopár chýb, ale téma ma veľmi široký záber a študent v závere adresoval niektoré z problémov a navrhol aj možnosti budúceho vývoja. Navrhnutý riadiaci algoritmus v modelových situáciách preukazuje zlepšenie stability vozidla.

K práci mám nasledujúce otázky:

1. Čo všetko by bolo nutné zmeniť ak by sa uvažovala aj rekuperácia?
2. Ako by sa zmenil riadiaci algoritmus, ak by sa ako vstup uvažovalo požadované zrýchlenie / krútiaci moment namiesto požadovanej rýchlosti?

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

Datum: 25.8.2021

Podpis: