

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|------------------------------------|---|
| Název práce: | Control System for Morphing Lattice-based Structures |
| Jméno autora: | Dominik Fischer |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Vedoucí práce: | Ing. Jiří Zemánek, Ph.D. |
| Pracoviště vedoucího práce: | Katedra řídicí techniky |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Zadání považuji za náročnější, protože digitální (modulární) materiály jsou relativně mladým oborem s mnoha otevřenými problémy zvláště v oblasti matematického modelování a automatického řízení. Zadáním práce bylo navrhnout řídicí systémy a otestovat je na několika experimentálních sestavách, což vyžadovalo tvůrčí přístup, vyzkoušení různých metod modelování a řízení i konstrukci elektromechanických systémů. | |

| | |
|---|----------------|
| 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> | |
| Zadání považuji za splněné. V rámci práce se podařilo zkonstruovat několik experimentálních zařízení s mřížkovou strukturou a vyzkoušet na nich různé přístupy k modelování i automatickému řízení. I když jde zatím o modely a regulátory navržené na míru konkrétních systémů (deformovatelný robot, pružná věž, origami struktura), tak jsou důležitým zdrojem informací pro následný návrh obecných metod pro mřížkové struktury. | |

| | |
|--|--------------------|
| 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 se práci věnoval s velkou mírou samostatnosti, průběžně a svědomitě. Jednotlivé úkoly měl dobře časově rozvržené. Některým částem práce se věnoval již v rámci týmového projektu (deformovatelný robot) a následně individuálního projektu, což mu umožnilo do tématu práce více proniknout. Postup se mnou průběžně konzultovat a využíval také odborné rady od dalších členů laboratoře. | |

| | |
|---|--------------------|
| 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> | |
| Student v práci demonstroval širokou škálu dovedností. Při konstrukci experimentálních zařízení navrhoval a vyráběl například aktuované voxely, sestavoval modulární konstrukce atd. Dále vyzkoušel několik přístupů k matematickému modelování od využití softwarového nástroje vyvinutého na MIT CBA, po přístupy maticové dekompozice a redukce řádu DMDc. Při návrhu řídicích systémů využil jak klasické metody jako LQR, tak i moderní přístupy jako Koopman MPC. | |

| | |
|--|--------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | A - výborně |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Práce je po formální stránce na velmi dobré úrovni a je kvalitně typograficky zpracovaná. Text je dobře napsaný a vhodně doplněn obrázky systémů. Výsledky experimentů jsou v dostatečné míře dokumentovány v grafech. | |

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 v práci vycházel z přehledu literatury dodaného vedoucím práce, ve kterém se samostatně zorientoval a dále vhodně rozšířil. Práce obsahuje přehled vědeckých článků zaměřených na digitální/modulární materiály i relevantní zdroje, které popisují přístupy k jejich návrhu, modelování a řízení.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Celkově se z mého pohledu jedná o komplexní práci, která zahrnovala různorodé úkoly od konstrukce experimentálních sestav, přes matematické modelování po návrh řízení využívající i moderní na datech založené metody. Téma digitálních materiálů není v těchto směrech příliš probádané a vyžaduje tedy tvůrčí přístup a schopnost zvládnout a vyzkoušet různé přístupy k modelování a řízení, což student v práci úspěšně demonstroval.

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

Datum: 26.6.2023

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|-----------------------------------|--|
| Název práce: | Control System for Morphing Lattice-based Structures |
| Jméno autora: | Dominik Fischer |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Oponent práce: | Ing. Marek Tyburec, Ph.D. |
| Pracoviště oponenta práce: | ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|--|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Diplomová práce se zabývá návrhem řídicího systému pro flexibilní modulární systémy. Jak je ukázáno v zevrubné rešerši literatury v samotné práci, jedné se o téma poměrně nové a velmi aktuální. Řešení tohoto zadání vyžaduje kombinaci znalostí a orientaci v literatuře více oborů: mimo kybernetiky a robotiky též výpočetní mechaniky. Dle mého názoru je zadání práce ambiciózní a široké, svým potenciálem pro výzkum by jistě pokrylo i dizertační práci včetně několika publikací. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <i>Posudte, 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> | |
| V zadání bylo vyžadováno: | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Rešerše literatury 2) Vývoj řídicího systému schopného dosáhnout cílené statické a dynamické odezvy systému 3) Validace řídicího systému simulací a experimentem 4) Analýza výkonu řídicího systému a náměty ke zlepšení | |
| Bodem 1 se zabývají kapitoly 1 a 2, kde jsou představeny relevantní publikace. S literaturou autor pracoval příkladně i v následujících kapitolách. | |
| Body 2-4 se vážou ke konkrétním třem konstrukcím poskládaných z „digitálního materiálu.“ | |
| U prvního, tzv. „Voxel Tower“ jsou všechny body splněny bez výhrad a srozumitelně popsány. | |
| U ostatních dvou („Robot Žužo“ a zejména „Digicomb“) je popis méně detailní, v podstatě se spíše jedná o vymezení směru následujícího výzkumu. Toto ovšem nemůže být překvapivé vzhledem k rozsahu zadání. | |

| | |
|--|-------------------|
| Zvolený postup řešení | vynikající |
| <i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> | |
| Metoda řešení odpovídá zadání a využívá zjednodušenou analytickou metodu založenou na Euler-Lagrangeově rovnici a DMDc metodu. | |

| | |
|--|--------------------|
| Odborná úroveň | A - výborně |
| <i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Odborná úroveň práce je příkladná. | |

| | |
|--|--------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | A - výborně |
| <i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou</i> | |

a jazykovou stránku.

Práce je psána velmi dobrou angličtinou a je pečlivě vysázena v LaTeXu. Snad jedinou připomínkou je několik drobných „překlepů“ přítomných v textu práce (např. „itesfl“, „reffer“). Celkově je práce na výborné formální úrovni.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.

Výběr pramenů je příkladný, stejně jako jejich užití v textu. Vlastní výsledky jsou od převzatých výsledků řádně odlišeny. Dle mého nejlepšího vědomí tato práce neporušuje citační zvyklosti a normy.

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.

Bez komentáře

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.

Předloženou diplomovou práci hodnotím jako velmi pečlivě vypracovanou. Práce se zabývá aktuálním tématem řízení flexibilních modulárních mřížkových/příhradových konstrukcí. Výsledky práce jsou povzbuzující a nabízejí potenciál dalšího výzkumu a časopisecké publikace.

K práci mám následující otázky

1. Metoda DMDc je data-driven. Jak je uvedeno v práci, metoda nemusí být spolehlivá v případě, že se budící frekvence blíží rezonanční frekvenci robota (kapitola 5). Jak velký je toto problém z hlediska praktických aplikací?
2. Výše uvedený problém by se dal odstranit modelováním konstrukce konečnými prvky, což je nastíněno v kapitole 4 (Metavoxels, Rigid Body Simulator). Pokud budete na tématu dále pracovat, přemýšlel jste o možnosti se k tomuto přístupu vrátit?
3. Jaké vidíte potenciální aplikace pro říditelné modulární flexibilní konstrukce?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm A - výborně.

Datum: 13.6.2023

Podpis: