

Oponentní posudek diplomové práce

## Design and Dynamic Analysis of Active Tensegrity Structures

Student: Bc. Martin Hrabačka  
Vedoucí: Ing. Radek Bulín, Ph.D.  
Studijní program: N0715A270006 / Aplikovaná mechanika  
Specializace: Dynamika konstrukcí a mechatronika

Bc. Martin Hrabačka zpracoval diplomovou práci, která shrnuje komplexní problematiku týkající se tensegritických struktur (TS) od jejich návrhu až po jejich využití v oblasti dynamiky aktivně řízených manipulátorů. Téma práce zapadá do jednoho z výzkumných směrů, který je na katedře mechaniky dlouhodobě rozvíjen ve spolupráci s Fakultou strojní ČVUT v Praze.

Po krátkém představení principu TS a vytyčení cílů práce v úvodní kapitole autor čtenáře seznamuje s matematickým popisem TS a se dvěma vybranými metodami (AFDM a DRM) pro nalezení stabilních rovnovážných konfigurací určených předpětím v odpovídajících členech TS. Tyto metody jsou porovnány a na základě principů, na nichž jsou založeny, je vysvětlena vhodnost jejich využití. Třetí kapitola soustředí pozornost na problematiku dynamiky TS, kdy je potřeba sestavit odpovídající matematický model a na jeho základě model výpočtový. Pro tvorbu výpočtových modelů je využito modulu SimScape, který představuje rozšíření prostředí MATLAB-Simulink. Je popsána metodika vedoucí k automatickému generování výpočtových modelů v tomto modulu a validnost vytvořených modelů je testována provedením modální analýzy vybrané TS. Těžiště práce pak tvoří čtvrtá kapitola, která využívá aktivní TS a představuje metody pro plánování trajektorie vybraných uzlů. Tyto metody musí zajistit, aby v každé poloze byla TS strukturálně stabilní a bylo dosaženo požadované polohy. Stabilizace případného rozkmitávání soustavy je zajištěna doplněním modelu o zpětnovazební regulátor. Validnost a funkčnost uvedených algoritmů je testována na vybraných aktivních TS. Přínos celé práce je pak podtržen skutečností, že veškeré uvedené komplexní teoretické poznatky autor algoritmoval a implementoval v prostředí MATLAB.

Diplomová práce má široký záběr, je psána přehledně a působí uceleným dojmem. Nicméně, v průběhu obhajoby prosím autora o reakci na následující dotazy:

- Lze fyzikálně (inženýrsky) zdůvodnit požadavek na hodnotu matice  $\mathbf{E}$  definované v (2.21), tj.  $h(\mathbf{E}) = n - (D + 1)$ ?
- Existuje fyzikální interpretace spektrální a modální matice (vztahy (2.24) a (2.25)), které jsou použity při hledání stabilní polohy TS?
- Při tvorbě výpočtových modelů TS je použito prostředí SimScape. Jakým způsobem jsou sestavovány pohybové rovnice v SimScape s ohledem na v textu zmiňované Lagrangeovy rovnice smíšeného typu (3.1)?
- Prosím o komentář k Obr. 3.15. Jaký je skutečný počet stupňů volnosti uvedené soustavy, která obsahuje 8 rovinných těles? Je soustava vázaná k rámu?

- Dynamika pohybu TS po zadané trajektorii je závislá na požadované rychlosti pohybu (Obr. 4.6 a 4.7). Přidáním zpětnovazebního řízení dojde ke stabilizaci kmitání kolem plánované trajektorie. Lze nějak kvantifikovat maximální rychlost plánovaného pohybu s ohledem na stabilitu parazitního rozkmitávání konstrukce?

**Shrnutí.** Po přečtení práce lze prohlásit stanové cíle práce za splněné. Formálně je práce na vysoké úrovni, a i přesto, že je psána v anglickém jazyce, působí čtivě a srozumitelně. Je zřejmé, že autor je schopen samostatné tvůrčí činnosti a prokázal, že se orientuje v oblasti jak dynamiky vázaných mechanických soustav, tak v oblasti jejich řízení. Umí implementovat vlastní programové prostředky, využívat je pro řešení mechatronických úloh, analyzovat získané výsledky a formulovat odpovídající závěry. Diplomovou práci hodnotím známkou **v ý b o r n ě** a doporučuji k obhajobě před komisí pro státní závěrečné zkoušky na katedře mechaniky.

V Plzni dne 20.6.2022

doc. Ing. Miroslav Byrtus, Ph.D.