

Prof. Ing. Alexander Gmitterko, CSc.

Strojnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach

Katedra aplikovanej mechaniky a mechatroniky

Letná 9

040 22 Košice

E-mail: alexander.gmitterko@tuke.sk

# OPONENTSKÝ POSUDOK

habilitačnej práce

**Ing. Vladimíra Gogu, PhD.**

v študijnom odbore

## **5.2.16 Mechatronika**

Oponentský posudok habilitačnej práce Ing. Vladimíra Gogu, PhD. som vypracoval na základe poverenia dekana Strojníckej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave zo dňa 1. 12. 2014. Oponentský posudok bol vypracovaný v zmysle §1 ods. 8 Vyhlášky MŠ SR č. 6/2005 Z. z. zo dňa 8.12.2004 o postupe získavania vedecko – pedagogických titulov alebo umelecko – pedagogických titulov docent a profesor.

Ako podklad k vypracovaniu oponentského posudku som mal k dispozícii:

1. Habilitačnú prácu s názvom Počítačové modelovanie v mechatronike
2. Kritéria na habilitáciu docentov na SJF STU v Bratislave
3. Zoznam pôvodných publikovaných vedeckých a odborných prác, učebných textov a ohlasov .

Ing. Vladimír Goga, PhD. sa vo svojej habilitačnej práci zaoberá počítačovým modelovaním v mechatronike. Z hľadiska procesu návrhu mechatronických výrobkov ide o dôležitý návrhový prostriedok, pretože nové výrobky by mali byť navrhované rýchlo a lacno aby na trhu boli konkurencieschopné. Tému habilitačnej práce preto považujem za aktuálnu.

Habilitant v 1. kapitole s názvom Mechatronika najprv uviedol niektoré definície mechatroniky od rôznych autorov, potom sa postupne stručne zaoberal históriou

mechatroniky, vývojom mechatronického systému na príklade vývoja automobilu, prvkami mechatronických systémov a nakoniec počítačovým modelovaním mechatronických systémov. K tejto kapitole mám nasledujúcu pripomienku: autor sa výlučne sústredil na mechatroniku z hľadiska technickej sústavy, nevníma si však vplyv počítačového modelovania na návrhový proces v mechatronike.

Druhá kapitola s názvom Pohyb mechanickej sústavy je venovaná rôznym reprezentáciám opisu pohybu mechanického systému (Newton - d'Alambertov princíp, princíp virtuálnych prác a Lagrangeove rovnice II. druhu) ako aj ich rôznym formám riešenia (analytické riešenie, riešenie pomocou Laplaceovej transformácie, numerické riešenie využitím programu Matlab/Simulink a riešenie v stavovom priestore). V závere kapitoly je uvedená ilustrácia tvorby počítačového modelu oscilátora v programe MSC.ADAMS. K tejto časti mám nasledujúce otázky:

1. Uveďte jednoduchý príklad na elimináciu väzbovej sily pri použití Lagrangeových rovníc II. druhu.
2. Ako Lagrangeove rovnice II. druhu zohľadňujú neholonómne väzby v mechanickom systéme ?

Vzhľadom na to, že väčšina mechanických systémov je reprezentovaná nelineárnymi diferenciálnymi rovnicami chýba mi v tejto kapitole základné pojednanie o ich kvalitatívnych vlastnostiach.

Náplňou 3. kapitoly, ktorej názov je Teória riadenia lineárnych systémov sú: základné štruktúry systémov riadenia (otvorený a spätnoväzbový regulačný obvod), základné opisy spojitého lineárneho regulačného obvodu (diferenciálna rovnica, prenosová funkcia, póly a nuly prenosu, prenosová funkcia vyjadrená časovými konštantami, impulzná, prechodová a frekvenčná charakteristika), stabilita spojitého regulačného obvodu všeobecne a kritéria stability (Hurwitzovo a Nyquistovo), miery stability, posúdenie kvality a presnosti spojitého regulačného obvodu v časovej oblasti a využitím integrálnych kritérií a základné algoritmy riadenia spojitých P, PI, PD a PID regulátorov a v závere kapitoly je uvedená metóda pre návrh parametrov regulátora (metóda požadovaného modelu). V podobnej štruktúre ale v menšom rozsahu sa táto kapitola zaoberá aj diskretnými systémami.

Pripomienka k 3.kapitole. Vo všeobecnosti korene  $s_1, s_2, \dots, s_n$  uvedené na str. 66 riadok 3 nie sú korene charakteristickej rovnice regulačného obvodu. To platí iba v prípade ak prenosové funkcie regulovanej sústavy a regulátora sú s minimálnou fázou (nemajú nulu v pravej polrovine roviny koreňov „s“) alebo sú stabilné (nemajú pól v pravej polrovine). V tomto prípade sú póly akéhokoľvek prenosu regulačného obvodu totožné s koreňmi charakteristickej rovnice regulačného obvodu. Ak je regulovaná sústava napr. s neminimálnou fázou a regulátor je nestabilný môže dôjsť k vykráteniu nuly regulovanej sústavy s pólom regulátora. V tomto prípade póly niektorého z prenosov regulovanej sústavy nie sú totožné s koreňmi charakteristickej rovnice. Takéto prípady môžu nastať v mechanických systémoch s viacerými hmotami ak snímač a akčný člen nie sú umiestnené na rovnakej hmote (Noncollocated sensor and actuator). Na testovanie stability je preto potrebné použiť niektorý z testov na vnútornú stabilitu regulačného obvodu.

Jadrom habilitačnej práce je 4. kapitola s názvom Modelovanie mechanického systému. V tejto kapitole habilitant aplikoval poznatky z kapitoly 3 na riadenie

kmitavej mechanickej sústavy s jedným stupňom voľnosti, ktorej matematický model bol vytvorený v 2. kapitole. Pre riadenie bol zvolený PID algoritmus riadenia. Riešenie tejto úlohy, modelovanie regulovanej sústavy a regulátora, návrh PID a PSD regulátorov metódou požadovaného modelu a prezentácie výsledkov bolo vykonané s podporou programového balíka Matlab/Simulink.

V druhej časti tejto kapitoly bol vykonaný návrh rovnakého regulačného obvodu ako v prvej časti tejto kapitoly. V tomto prípade sa však predpokladalo, že matematický model mechanickej kmitavej sústavy s jedným stupňom voľnosti nie je známy a ani nie je fyzicky realizovaný takže jeho experimentálna identifikácia nie je možná. Z toho dôvodu bol model vytvorený v prostredí programu Adams. Takto vytvorený model sa potom importoval do prostredia Simulinku, kde sa vykonala jeho identifikácia. Výpočet parametrov PID a PSD regulátorov sa vykonal rovnako ako v prvej časti tejto kapitoly.

Pripomienka k 4. kapitole. Na str. 105 pri vyšetovaní oscilátora je nesprávne aplikované Nyquistovo kritérium stability. Toto kritérium sa používa na stanovenie stability uzavretého regulačného obvodu (v tomto prípade mechanický oscilátor) na základe priebehu frekvenčnej charakteristiky otvoreného regulačného obvodu (tento prenos pre mechanický oscilátor nie je stanovený) a počtu pólov otvoreného regulačného obvodu v pravej polrovine komplexnej roviny. Toto platí aj pre aplikáciu Nyquistovho kritéria pomocou Bodeho charakteristík na str. 106.

Otázka k 4. kapitole. Ako ste dospeli k hodnote maximálneho preregulovania 52,2 % v prípade použitia regulátora PID ? Mne to vychádza menej ako 20 %. Alebo sa mýlim ?

V poslednej 5. kapitole s názvom Virtuálne modely zložitejších mechatronických systémov sú v prostredí Adams a Matlab/Simulink prezentované zložitejšie mechatronické systémy, ktoré vznikli v rámci diplomových prác pod vedením habilitanta. Ide o nasledovné virtuálne modely: protiblokovací brzdový systém ABS, elektronická uzávierka diferenciálu EDS (Electronic Differential System) a aktívna prevodovka riadenia AFS (Active Front Steering).

Otázky k 5. kapitole.

1. Do ktorej fáze návrhového procesu v mechatronickom návrhu by ste zaradili tvorbu virtuálnych modelov mechatronických systémov ?
2. Tvorí tento model spoločne špecialisti z jednotlivých profesií obsiahnutých v mechatronike (strojný inžinier, elektrotechnický inžinier, inžinier z informatiky) alebo inžinier z mechatroniky. ? Ak špecialisti akým „jazykom“ spolu komunikujú ?

## ZÁVER

Vyššie uvedené pripomienky neznižujú celkovú úroveň habilitačnej práce ale považujem ich ako inšpiráciu pre habilitanta do budúcnosti. Môžem konštatovať, že jadro habilitačnej práce bolo publikované na potrebnej úrovni (spolu 13 publikácií v časopisoch a konferenciách). Zo zoznamu prác vyplýva, že sa jedná o pracovníka s výraznou vedeckou erudíciou (7 prác v zahraničných vedeckých časopisoch + 8

v domácich vedeckých časopisoch z toho 1 práca v karentovanom časopise, 4 príspevky na zahraničných konferenciách + 8 príspevkov na domácich konferenciách) čo dokumentuje aj odozva na publikované práce (2 citácie vo WOS + 3 citácie v databáze SCOPUS + 6 citácií v zahraničných časopisoch + 1 citácia v domácich časopisoch neregistrovaných v citačných indexoch).

Toto potvrdzuje, že Ing. Vladimír Goga, PhD. je sformovaná vedecká a pedagogická osobnosť. Preto v súlade s §1 ods. 8 Vyhlášky MŠ SR č. 6/2005 Z. z. zo dňa 8.12.2004 o postupe získavania vedecko – pedagogických titulov alebo umelecko – pedagogických titulov docent a profesor

### **odporúčam**

menovanie Ing. Vladimíra Gogu, PhD. za docenta v študijnom odbore

### **5.2.16 Mechatronika**

V Košiciach 5.1.2015

prof. Ing. Alexander Gmitterko, CSc.