

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Název práce:</b>               | <b>Experimentální zařízení pro měření tahu vrtulí UAV</b> |
| <b>Jméno autora:</b>              | <b>Josef Kašpar</b>                                       |
| <b>Typ práce:</b>                 | bakalářská  |
| <b>Fakulta/ústav:</b>             | Fakulta strojní (FS)                                      |
| <b>Katedra/ústav:</b>             | Ústav přístrojové a řídicí techniky                       |
| <b>Oponent práce:</b>             | Ing. Zdeněk Novák, Ph.D.                                  |
| <b>Pracoviště oponenta práce:</b> | Ústav přístrojové a řídicí techniky                       |

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

|  |              |
|--|--------------|
| <b>Zadání</b>  | <b>lehčí</b> |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>  |              |
| Zadání práce považuji za průměrně náročné, pokud bych bral standardní dobu na její vypracování, která nepřekračuje 2 měsíce. Z termínu odevzdání je však patrné, že na práci byl dostatek času (bez týdnu 4 měsíce), a tak se klaním spíše k lehkému zadání. |              |

|  |                |
|--|----------------|
| <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> |                |
| Všechny pokyny pro vypracování byly splněny a jejich vypracování je možné v práci nalézt.  |                |

|   |                |
|---|----------------|
| <b>Zvolený postup řešení</b>  | <b>správný</b> |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>   |                |
| Student zvolil správný postup řešení. Na základě rešerše si vytypoval součásti, které budou zapotřebí pro měření cílových parametrů. Poté sestavil experimentální zařízení, které uvedl do provozu, a měření zhodnotil. |                |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Odborná úroveň</b>  | <b>C - dobře</b> |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>   |                  |
| Po odborné stránce práce působí přesvědčivě. V práci je však několik oddílů, které nejsou zcela dobře pro čtenáře zdůvodněny. Např. se jedná o: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Použití DC/DC měniče, který snižuje napětí z 11,1 V (baterie) na 5 V (resp. 5,5 V – autor uvádí dvě hodnoty). Podle zapojení z obr. 4.1 by snížené napětí mělo být použito pro napájení Arduino Uno. Dle doporučení výrobce je však vstupní napětí do desky Arduino Uno v rozmezí 7-12 V. Není tedy jasné, proč muselo být napětí sníženo pod doporučenou úroveň. Deska obsahuje stabilizátor a na něm dochází k dalšímu úbytku napětí, čímž hrozí pokles pod minimální úroveň.</li> <li>- V práci se dále uvádí, že byl použit Wheatstonův můstek. Ten je nejspíše umístěn na deformačním členu na Obr. 3.10. Hodilo by se však uvést, jak deformační člen funguje, jak byl můstek nalepen (nebo jestli byl zakoupen celý), a jak probíhala kalibrace pro ověření správnosti čtení hodnot o zatížení. Bez tohoto nelze objektivně posoudit kvalitu a přesnost měření tahu.</li> <li>- V kapitole 5 je uvedeno, že snímkovací frekvence A/D převodníku HX711 byla pouze 2.5 Hz. V manuálu výrobce je uvedena hodnota 10 SPS s možností zvýšení na 80 SPS. Není tedy jasné, proč je vzorkovací doba tak dlouhá. Stejně tak jaký problém 2.5 Hz představuje. V textu se lze dále dočíst, že „...může převodník převádět spojitý analogový signál z deformačního členu na impulzy, které pak vývojová deska umí určit.“, což není úplně přesný popis. Hodnota analogového napětí je nejprve změřena, převedena, a pak se Arduino posílá po sériové lince jako data.</li> <li>- Zjednodušený vývojový diagram z Obr. 4.10 neobsahuje čtení potenciometru. Předložené měření si dle mého názoru přímo říká o automatizovaný proces, který by tah vrtule proměřil sám v daném rozsahu, a pak vykreslil</li> </ul> |                  |

získanou závislost. Pro získanou závislost z Obr. 5.1 bych doporučoval využít rozdílného tvaru značek (oproti stejné značce s jinou barvou), což zaručuje čitelnost i v černobílém provedení.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**B - velmi dobře**

*Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.*

Práce vysvětluje pojmy vcelku srozumitelně, věty nejsou zbytečně komplikované. Až na pár překlepů a špatně umístěných čárek ve větě jsem nenarazil na větší problémy. Kladně pak hodnotím použití programu pro počítačovou sazbu (TeX). Práce tak má dobrou grafickou úroveň. Některé obrázky by zasloužily i komentář v textu (např. 4.10), nejen jejich zobrazení v práci. Obsahová struktura kapitoly 4 mi přijde nevhodně zvolena. Autor používá až 4 úrovně členění, přičemž kapitola je čistě lineární až do 4. úrovně. Hlavní text práce je na 20 stranách.

**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. 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.*

Předložená práce čerpá ze 26 zdrojů, což považuji za nadprůměrný počet pro bakalářskou práci. Z převážné části se jedná o internetové odkazy. Z hlediska citační normy jsem nenarazil na konflikt. Jisté pochybnosti mám ohledně citace číslo [5] pro rovnici (1), která náleží práci z roku 1944 s názvem "Experiments on drag of revolving disks, cylinders, and streamline rods at high speeds". Tato práce pojednává o tahu převážně při vysokých otáčkách, a to pro vysoké Machovo a Reynoldsovo číslo. Proč autor pro jednoduchou modelářskou vrtuli musel sáhnout k až tak komplikovanému textu, starému více jak 70 let? Vzhledem k rozvoji UAV, opravdu neexistuje lepší zdroj informací za posledních 10 let vývoje? Proč student nepoužil žádné doporučené zdroje literatury (vycházím z toho, že jsem ji nenašel v citacích)?

**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.*

Pokud bych měl hodnotit čistě splnění cílů práce, tak jich bylo jistě dosaženo. Dle mého názoru však autor měl šanci práci dotáhnout i někam dále. Na základě experimentů autor navrhl dále rozšířit experimentální zařízení o implementaci senzorů proudu a měření zbývající kapacity baterií. Během rešerše však již na straně 11 poznamenává, že „...je z praktického hlediska výhodnější měřit veličiny jako jsou tah, otáčky, proud či napětí experimentálně, což je hlavní motivací této práce.“ Nabízí se tedy otázka, proč tyto součásti již nebyly součástí aktuálního systému, když se o nich vědělo, a práce se tak držela jen základních cílů. Vzhledem k rozsáhlému času na její vypracování by to dle mého názoru nebyl problém (skoro 4 měsíce oproti běžným 2 měsícům od převzetí zadání).

**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.*

Zadání práce považuji za průměrně náročné, pokud bych bral standardní dobu na její vypracování, která nepřekračuje 2 měsíce. Z termínu odevzdání je však patrné, že na práci byl dostatek času (bez týdnu 4 měsíce), a tak se klaním spíše k hodnocení lehkého zadání.

Student zvolil správný postup řešení. Na základě rešerše si vytypoval součásti, které budou zapotřebí pro měření cílových parametrů. Poté sestavil experimentální zařízení, které uvedl do provozu, a měření zhodnotil. Po odborné stránce práce působí přesvědčivě. V práci je však několik oddílů, které nejsou zcela dobře pro čtenáře zdůvodněny. Jedná se například o použití DC/DC měniče, který snižuje napětí pod doporučenou úroveň napájení danou výrobcem. Dále pak nejasnosti s měřením tahu a rychlostí vzorkování tohoto procesu. Dle mého názoru

experimentální zařízení přímo vybízí k aplikaci automatizovaného procesu měření oproti manuálnímu za použití potenciometru. Určité otázky také vzbuzuje volba textů pro citaci k rovnici (1). Kladně pak hodnotím použití programu pro počítačovou sazbu (TeX). Práce tak má dobrou grafickou úroveň, ikdyž použití 4 úrovněové struktury mi přijde pro kapitolu 4 nevhodné.

Pokud bych měl hodnotit čistě splnění cílů práce, tak jich bylo jistě dosaženo. Dle mého názoru však autor měl šanci práci dotáhnout i někam dále. Na základě experimentů autor navrhl dále rozšířit experimentální zařízení o implementaci senzorů proudu a měření zbývající kapacity baterií. Během rešerše však již na straně 11 poznamenává, že „...je z praktického hlediska výhodnější měřit veličiny jako jsou tah, otáčky, proud či napětí experimentálně, což je hlavní motivací této práce.“ Nabízí se tedy otázka, proč tyto součásti již nebyly součástí aktuálního systému, když se o nich vědělo, a práce se tak držela jen základních cílů. Vzhledem k rozsáhlému času na její vypracování by to dle mého názoru nebyl problém.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 17.6.2022

Podpis:

Otázky k obhajobě:

- 1) Z jakého důvodu si myslíte, že byl vzorkovací čas pro HX711 pouze 2.5 Hz? Představuje to nějaký problém pro měření?
- 2) Proč jste volil použití DC/DC měniče a na jakou hodnotu jste napětí snižoval. Nezaznamenal jste nějaké výpadky spojení v komunikaci s Arduinem?
- 3) Deformační člen s můstkem pro měření tahu vrtule byl osazen Vámi nebo jste ho tak již zakoupil? Doporučil výrobce nějaký směr namáhání?
- 4) Pro rovnici (1) jste použil referenci [5]. Proč jste volil tak náročný text a kde se v něm rovnice nachází? Proč jste nepoužil žádnou literaturu ze seznamu doporučené literatury (vycházím z toho, že jsem ji nenašel v citacích)?