

Recenzní posudek diplomové práce

Autor: Bc. Daniel Šebík

Ovládání elektrického longboardu přenosem vlastní váhy jezdce

Diplomová práce má rozsah 76 stran včetně příloh, vlastní práce pak 59 stran.

Zadané cíle byly:

1. Proved'te dynamický rozbor řešeného problému.
2. Vyberte vhodné senzorní vybavení.
3. Navrhněte vhodný řídicí algoritmus a zpracování měřených signálů ze zvolených senzorů.
4. Implementujte navržený systém na zvolené platformě a proved'te základní měření.
5. Proved'te zhodnocení dosažených výsledků.

Práce je rozdělena na dvě části. Teoretickou a praktickou. V teoretické části se student věnuje popisu řešeného problému, senzorům, filtraci signálů a matematickému modelu elektromotoru. Model PMSM neuvažuje nelinearity, ale pro účel práce je zřejmě dostatečný.

V praktické části pak začíná matematickým modelem soustavy. Osobně bych i popis matematického modelu zahrnul do teoretické části, ale nevidím v tom žádný problém. Dále se věnuje identifikaci parametrů elektromotoru. Student použil pro měření odporu vinutí velice neobvyklou a zbytečně složitou metodu (obr. 13) s operačním zesilovačem. Viz. dále mé otázky.

Návrh řídicího algoritmu provedl s využitím matematických modelů v Simulinku. Uvažoval tři možnosti řízení, které dále popisuje.

V další části práce se věnuje popisu senzorníky, prototypu a experimentálnímu ověření funkčnosti. Zde se mi líbilo elegantně vyřešené vnucení signálu na vstupu kontroléru nahrazením proměnného odporu.

V části experimentální verifikace student na různých měřených průbězích ukázal, že mu zařízení skutečně funguje. V závěru se věnuje i možným dalším vylepšením. V příloze se věnuje využití IMU pro zpětnovazební řízení. Tuto část měl pravděpodobně rozpracovanou, ale v průběhu psaní práce se nejspíše ukázalo, že je možné udělat i jednodušší řízení.

Cíle práce považuji za splněné.

Z hlediska textu si autor mohl ušetřit použití hovorových výrazů v diplomové práci, např. na str. 15 věta „*Pokud se koukneme na cíl této práce, má být výsledkem ovládnutí elektrického longboardu přenosem váhy změnou polohy jezdce.*“

Otázky:

- 1) Student použil pro měření odporu vinutí velice neobvyklou a podle mého názoru zbytečně složitou metodu (obr. 13) s operačním zesilovačem. Proč? Naprosto běžně se měří odpory vinutí motorů Ohmovou metodou, tj. nastaví se ze zdroje rozumně velký proud (zde by to byly pravděpodobně jednotky A), změří se napětí a odpor dopočítá. Jaká byla tolerance použitých součástek, zesílení a měření?
Spočítejte a u obhajoby ukažte nejistotu Vašeho měření.

- 2) Na str. 25 a obr. 20 uvádíte, že „akční zásah pro pohyb dopředu tvoří pouze nastavení amplitudy napětí na fázích motoru“. Vysvětlete, jak může ESC (což z hlediska zapojení je frekvenční měnič) **měnit amplitudu napětí na fázích motoru**. Jak jste napětí měřil?
- 3) Na str. 33 uvádíte, že „Nalezené parametry jsem tak zkusil implementovat na prototypu.“. Jak se shodovala simulace s realitou? Podle popisu v kap. 2.5.1 bylo stejně nakonec nastavení úplně jiné.
- 4) Na str. 40 uvádíte, že jste použil dva filtry, analogový a digitální. Analogový „pro filtraci nalezených peaků na 44 kHz a vyšších“. Vzorkovací frekvenci máte 1,25 kHz (str. 38). Proč jste nepoužil analogový filtr s mnohem menší frekvencí, např. 3 kHz? Neřešíte problém s aliasingem do menších frekvencí, jak sám uvádíte na str. 40 „Frekvence aliasingem převedené na frekvence pod 150 Hz potom zůstanou netlumeny.“. Jak se jich zbavíte?
- 5) Z popisu na str. 44 mi není jasné, jaká je frekvence výpočtu regulátoru. Uvádíte, že vzorkování akčního, zásahu je s frekvencí f_v , ale pak je napsáno, že výpočet akčního zásahu je v hlavní smyčce. Proč není regulační zásah počítán také v obsluze přerušení od časovače a nemá tak definovanou periodu?

Celkově se mi předložená diplomová práce líbila. Ukazuje, že student dokáže spojit oblast modelování a řízení s praktickou částí a zařízení skutečně realizovat.

Diplomová práce a její zpracování je celkově na dobré úrovni. Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení diplomové práce známkou:

„A - výborně“

Doc. Ing. Martin Novák Ph.D