

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulace aerodynamického chování silničního tunelu
Jméno autora:	Daniel Gola
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra Řídicí Techniky
Oponent práce:	Ing. Zdeněk Váňa, Ph.D.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
Zadání práce z velké míry odpovídá míře nabytých znalostí budoucího absolventa bakalářského studia na Katedře Řídicí Techniky FEL ČVUT. Jedinou výraznější odchylkou je část 4. bodu zadání, konkrétně návrh nelineárního statického regulátoru, jenž v sobě zahrnuje návrh a řešení optimalizační úlohy. Tato problematika patří do magisterského studia a její zvládnutí vyžaduje důkladnou samostatnou práci navíc včetně studia relativně náročné teoretické disciplíny. Proto hodnotím zadání bakalářské práce jako „náročnější“.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
Zadání bakalářské práce bylo až na výše zmíněnou část zadání splněno. Tuto část, tedy návrh statického nelineárního regulátoru, představující aplikaci teorie optimalizace, student rozvedl po teoretické stránce, ale dobrání se výsledků již představovalo příliš velkou překážku. Nicméně vzhledem k náročnosti této části zadání (viz. hodnocení zadání) a snaze studenta se s problematikou utkat doporučuji zkušební komisi k tomuto drobnému nedostatku nepřihlížet a podobně jako já nahlížet na zadání práce jako na splněné.	

Struktura a členění práce:

Práce se týká modelování proudění vzduchu v silničních tunelech a jeho následné řízení dle praktických požadavků. Autor práce nejprve fyzikálně rozebírá problematiku proudění vzduchu v tunelu a následně ze získaných rovnic vytváří nelineární dynamický model. Tento model linearizuje a následně používá pro různé návrhy řízení proudění. Navržené metody řízení jsou dle zadání práce PID regulátor a stavová zpětná vazba. Ke konci práce jsou shrnuty a graficky představeny výsledky jednotlivých strategií řízení.

Odborná úroveň	E - dostatečně
Autor v práci potřeboval a i prokázal znalosti získané studiem. Dále autor prací prokázal, že je schopen vyhledat a získat relevantní informace i z odborné literatury.	
Autorem zvolený postup práce považuji za správný, nicméně co se týče odborné úrovně práce, mám několik, dle mého, zásadních připomínek, jenž následují:	
<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Autor v různých částech práce nesděljuje všechny důležité informace související s aktuálním pracovním postupem, což v důsledku vede buď k nejasnosti textu práce, jeho nepřesnostem nebo přinejmenším k matení čtenáře. Příkladem budiž rovnice 2.32 až 2.34 na str. 12 odvozené pro stavový nelineární dynamický model, jenž ve skutečnosti platí pouze pro ustálený stav (viz. rovnice modelu 2.37 a 2.38 na téže straně) a tedy s dynamikou modelované situace nesouvisejí. Tento nedostatek přisuzuji faktu, že student nedostatečně pochopil fyzikální principy modelovaného proudění, což potvrzují i některé nevhodné formulace textu práce.<input type="checkbox"/> Napříč celou prací dochází k nekonzistentnímu značení veličin, proměnných a funkcí, což svědčí o tvorbě práce stylem „slepování z částí“ a následně velmi laxní či žádné kontrole. Tento fakt dělá text práce po odborné stránce místy nesrozumitelný a matoucí, pro čtenáře detailně se neorientujícího v problematice může být text dokonce nesrozumitelný.	

- V práci jsou rozebrány metody vzorkování dynamického modelu, jenž jsou důležité a vhodné zejména pro provádění simulací a výpočtů. Nicméně jako nedostatek považuji chybějící závěr této části. Na grafech je sice ukázána vhodnost i nevhodnost nějak zvolených vzorkovacích period, ale chybí zde diskuze k volbě vhodného vzorkování, a to jednak z pohledu časové dynamiky obdrženého spojitého modelu a druhak z pohledu praktických časů souvisejících se skutečným provozem v tunelu. S tímto souvisí i chybějící informace o výsledné volbě vzorkovací periody pro prováděné simulace.
- V práci není zdůvodněna volba pracovního bodu pro linearizaci modelu. Respektive, volba pracovního bodu je zdůvodněna grafem, jenž znázorňuje vhodnost volby pracovního bodu, čili dochází k „definici kruhem“ a tedy de facto volba zdůvodněna není.
- Autor v práci vytvořil stavový model s 8 vstupy a 2 stavy (viz. Str. 14), ale na začátku kapitoly s návrhy regulátorů má již model pouze 2 vstupy. Tuto nesrovnalost považuji za zásadní a velmi matoucí a kladu jí pro vysvětlení jako otázku na konci oponentského posudku. Vysvětlení je důležité, jelikož buď jsou některé veličiny původně označené jako vstupy pouze jeho parametry a tento fakt se projeví v linearizaci modelu, a nebo jsou to skutečně vstupy modelu a v návrhu regulátorů jsou zásadní chyby. Osobně mám z práce pocit, že v ní opět chybí důležité informace o tvorbě modelu a pro neznalého čtenáře se tak stává nesrozumitelnou.
- Jedno ze zadání práce je sestavení několika modelů. V práci je skutečně rozebrána tvorba těchto modelů a popis jejich vlastností a obecných tvarů, nicméně zde chybí explicitní vyjádření výsledných modelů použitých pro řízení. Tento fakt souvisí s některými předchozími výtkami a přispívá k špatné čitelnosti práce.
- Autor při návrhu regulátoru „roztrhl“ vytvořený model na dílčí modely kvůli jeho zjednodušení a následnému řízení, nicméně nikde nevysvětlil ani neuvedl podmínky, za nichž je to možné provést. Obecně totiž takto postupovat nelze, jelikož model v sobě zahrnuje vzájemné vlivy všech zahrnutých vstupů, výstupů a parametrů.
- Při návrhu regulátorů dle zadání práce student uvedl teoretický úvod a princip návrhu, nicméně v práci chybí zdůvodnění, proč při návrhu zvolil prezentovaný postup, např. proč volil póly uzavřené smyčky právě tak, jak je volil. Dále s tímto faktem souvisí připomínka, že přestože oba způsoby návrhu regulátoru jsou založené na poloze vlastních čísel uzavřené smyčky regulačního obvodu, výsledné dynamické vlastnosti obou zpětnovazebních řídicích smyček jsou naprosto odlišné díky volbě naprosto jiných požadavků na polohu výsledných vlastních čísel.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Práce je psaná v českém jazyce. Bakalářské práci lze vytknout místy velmi kostrbaté vyjadřování stejně jako relativně časté přepisy a nejasné větné formulace, vyskytla se dokonce i hrubka.

Co se týče rozsahu, práci považuji vzhledem k množství psaného textu i doprovodných obrázků jako standardní a z tohoto hlediska rozhodně splnila požadavky kladené na bakalářskou práci.

Další komentáře a hodnocení

Výsledné modely (co se týče principů a zvolené topologie) odvozené a obdržené v předložené práci stejně jako popsání postup jejich získání považuji za správné a vhodné pro další použití pro řízení. V praxi řízení ventilace v tunelech není běžné takto k problematice přistupovat a výsledky ověření modelů s reálnými změřenými daty v předložené práci prokázaly tento postup jako slibný krok správným směrem k lépe řízeným a tedy bezpečnějším silničním tunelům.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Vzhledem k výše vypsáním připomínek a hodnocením práce z různých pohledů hodnotím předloženou závěrečnou práci klasifikačním stupněm Tato známka zahrnuje mou nevelkou spokojenost s odbornou úrovní práce, nicméně musím se přiklonit k testované metodice a přístupu k problematice a v neposlední řadě i k jisté inovativnosti vzhledem k běžně zavedené praxi.

Dotazy na studenta:

- Vysvětlete „roztrhání“ modelu kompletní křižovatky do modelů jednotlivých jejích částí. Je možné toto provést? Pokud ano, za jakých podmínek je to možné? A jak potom dojde k rozdělení vstupů mezi dílčí modely a proč?
- Zdůvodněte Vaší volbu pólů pro všechny navržené regulátory. Dále vysvětlete, proč jste jednotlivé regulátory nenavrhl s podobnými či stejnými výslednými póly, což by bylo vhodné nejen pro vzájemné porovnání jednotlivých řídicích strategií.
- Vysvětlete fakt, že pro tentýž model a tentýž cíl (referenci) řízení dávají navržené regulátory naprosto opačný akční zásah, viz. 4. část obrázku 3.3 pro stavovou zpětnou vazbu versus 4. část obrázku 3.7 pro PID regulátor. Fyzikálně totiž nedává smysl, abychom pro brzdění proudu vzduchu v tunelu ze 4m/s na 2m/s pouštěli jednu ventilátory jedním směrem a podruhé směrem opačným. Jsou skutečně grafy v práci správné?
- Vysvětlete, proč používáte pracovní bod pro linearizaci modelu zároveň jako počáteční podmínky pro prováděné simulace a nevezmete počáteční podmínky simulací ze změřených dat.

Datum:

Podpis: Ing. Zdeněk Váňa, Ph.D: