

Oponent:
Doc. Ing. Aleš Filip, CSc.
Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Studentská 95, 532 10 Pardubice

Posudek oponenta bakalářské práce

Jméno a příjmení autora: **Michal Koldinský**

Název práce: **Bezkontaktní měření rychlosti kolejových vozidel**

ČVUT Praha, Fakulta elektrotechnická - katedra měření

Datum odevzdání bakalářské práce: srpen 2021

Aktuálnost tématu

Autor se ve své práci zabývá velmi aktuální problematikou, kterou je bezkontaktní měření rychlosti kolejových vozidel s ohledem na požadovanou přesnost a spolehlivost. Autor zaměřil svoji práci na využití relativně levných senzorů (zejména magnetických, ultrazvukových, optických), jejichž praktické použití následně zkoumá jak na základě simulací, tak i laboratorního měření. Přestože práce není výslovně zaměřená na bezpečné určení rychlosti, navržený přístup řešení dané problematiky je i v souladu se současnými trendy bezpečné a spolehlivé lokalizace vozidel jak pro účely zabezpečení železniční dopravy (včetně systému ERTMS/ETCS), tak i automatizovaného řízení automobilů.

Hodnocení stanovených cílů

Autor ve své práci jasně formuloval následující cíle: 1) shrnutí současných metod měření rychlosti a polohy vlaku, 2) popsání principu korelačního měření, 3) výběr senzorů pro korelační měření (senzory vzdálenosti optické a ultrazvukové, magnetické senzory, inerciální senzory a mikrovláknové senzory), 4) provedení simulací korelačního měření při pohybu vybraných senzorů nad kolejovým svrškem a 5) provedení laboratorních měření s vybranými senzory včetně analýzy naměřených dat.

Výsledkem práce je popis výše uvedených simulací, laboratorních měření a rozboru získaných dat.

Autor všechny cíle v předložené práci splnil.

Zvolené metody zpracování

Autor podřídil volbu metod zpracování výše uvedeným cílům bakalářské práce. Zvolené metody odpovídají stanoveným cílům.

Hodnocení získaných poznatků

Hlavním cílem práce bylo prozkoumat a ověřit možnosti bezkontaktního měření rychlosti kolejového vozidla pomocí korelační metody s cenově dostupnými senzory umístěnými na vozidle. Pro ověření funkčnosti korelace vytvořil student simulátor pohybu vlaku po kolejích. V simulátoru autor následně použil parametry skutečných senzorů vzdálenosti, které při jízdě měřily profil železničního svršku mezi kolejnicemi. Potom autor provedl laboratorní měření s magnetickými, ultrazvukovými a optickými senzory. Z předložených výsledků laboratorních měření je zřejmé, že největší přesnost a spolehlivost měření rychlosti vozidla byla dosažena při použití optických senzorů. Tento závěr lze přijmout, protože v současné době některé z moderních bezpečných odometrických / rychloměrných systémů pro účely ERTMS/ETCS využívají i optické senzory.

Přestože si autor ve své práci přímo nekladal za cíl vytvořit techniky pro bezpečné měření rychlosti vozidel, získané výsledky mohou k tomuto úsilí přispět. Kladně lze hodnotit zejména myšlenku využití relativně levných senzorů, které jsou cestou k praktickému uplatnění výsledků práce v provozu.

Velmi kladně lze hodnotit provedení vlastních simulací i laboratorních měření s různými sensory.

Význam práce pro praxi

Vývoj metod měření rychlosti kolejových vozidel je stále velmi aktuální – je to cesta jak ke zvýšení efektivnosti řízení dopravy, její spolehlivosti, tak i bezpečnosti.

Hodnocení způsobu zpracování bakalářské práce

Autor používá obecně jasné formulace, práce je přehledná a má dobrou grafickou úroveň.

Některé připomínky k práci

Strana iii – přestože v pokynech pro vypracování práce je uvedeno, že má autor dbát i na spolehlivost, samotnému vyhodnocení spolehlivosti měření v práci zatím příliš pozornosti věnováno není. Doporučuji proto autorovi věnovat se problematice spolehlivosti více v plánované navazující magisterské práci.

Strana 1: Poznámka k větě >> ***Stejně tak musí znát přesnou polohu a rychlost vlaku dispečerů železniční dopravy a výpravčí v dopravnách, aby mohli bezpečně a spolehlivě naplánovat a ve správný čas postavit vlakovou cestu dané soupravy.***<< Obecně platí, že pro účely zabezpečovací techniky informace o přesné poloze a rychlosti není dostačující – informace o poloze/ rychlosti musí být také bezpečná (věrohodná) ve smyslu norem CENELEC (zejména pak EN 50129). Je potřeba, aby si autor pro další směřování práce promyslel, zda je vůbec možná existence dvou tříd rychloměrů/ odometrických systémů vedle sebe, tj. i) bezpečných a spolehlivých – které se používají v současné době např. u ERTMS/ETCS a ii) jen spolehlivých – nikoli bezpečných. A to vzhledem k současné strategii vlády a MD ČR, která předpokládá v budoucnu pouze využití evropského interoperabilního

systému, kterým je ERTMS/ ETCS. Otázka pro autora zní: bude možné na železnici používat vedle bezpečných rychloměrů také rychloměry ne tak bezpečné (byť dostatečně spolehlivé) pro bezpečné řízení železničního provozu? Kdo by specifikoval požadavky na tento druh (ne bezpečného) rychloměru?

Strana 3: Poznámka k větě >>**Ohledně využití satelitní navigace na železnici v současné chvíli probíhají živé diskuze, napanuje však zatím shoda na parametrech certifikace, kterých musí jednotlivé lokalizační jednotky dosahovat**<<. Toto tvrzení je v rozporu s velmi detailními požadavky na detekci virtuální balízy na základě GNSS, které byly v posledních letech specifikovány na evropské úrovni (pod vedením ESA a GSA), např. rámci projektu H2020 ERSAT GGC, dokument D3.2, který je veřejně přístupný – viz odkaz: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02096596/document> .

Pro úplnost uvádím, že v západní Austrálii (oblast Pilbara) na železniční síti Roy Hill délky cca 340 km je již několik let v provozu systém ERTMS/ETCS s virtuální balízou, která je detekovaná pomocí GNSS. U tohoto systému se využívají traťové balízy spolu s balízami virtuálními. Zde se samozřejmě používá i bezpečné měření ujeté vzdálenosti a rychlosti pohybu dle SIL 4. Dále se od roku 2012 zkouší systém ERTMS/ETCS úrovně 2 s detekcí virtuální balízy na principu GNSS (opět dle SIL 4) na Sardinii na trati Cagliari-San Gavino. A do třetice, na trati mezi Milánem a Turínem (Novara-Rho) se připravuje uvedení do komerčního provozu (včetně certifikace) systému ERTMS/ETCS úrovně 2 s detekcí virtuální balízy na principu GNSS v souladu se SIL 4. Nemluvě o četných bezpečnostních aplikacích GNSS v železniční dopravě v rámci PTC (Positive Train Control) v USA či jinde ve světě.

Do navazující magisterské práce doporučuji uvést přehled existujících bezpečných (dle SIL 4) a spolehlivých odometrických systémů / rychloměrů od předních výrobců.

Strana 3: Poznámka k větě >>**Hlavním bezpečnostním problémem ale stále zůstává relativně velká nespolehlivost v místech s omezeným výhledem na oblohu, kterých je kolem železnice bohužel hodně – hustá zástavba ve městech, hlubší údolí, zářezy v kopcích a skalách či železniční tunely – zde přesnost systému výrazně klesá a je zde nutné kombinovat GNSS s dalšími senzory určujícími polohu jinými způsoby.**<< Toto tvrzení je v rozporu s řešením a závěry projektů H2020 ERSAT EAV a ERSAT GGC, kde se počítá s umístěním virtuálních balíz pouze v místech s dostatečnými podmínkami pro příjem signálu GNSS. Selhání detekce jedné balízové skupiny v systému ERTMS není žádným bezpečnostním problémem. Teprve když dojde vynechání detekce druhé balízové skupiny, použije se nouzová brzda. Tam, kde nejsou vhodné podmínky pro umístění virtuální balízy se použije eurobalíza.

Strana 3: Poznámka k větě >> **ETCS vyžaduje vybavení tratě takzvanými Eurobalízami (Obrázek 2.1), které jsou umístěny uprostřed kolejiště v pravidelných intervalech (zpravidla u hlavních návěstidel)** <<. Eurobalízy se neumísťují jen u návěstidel, protože u ERTMS od úrovně 2 návěstidla nejsou potřeba. Nemusí být ani umístěny v pravidelných odstupech – umístění eurobalíz závisí na konkrétní aplikaci. Maximální vzdálenost mezi skupinami balíz je 2500 m a minimální vzdálenost mezi balízami je 2.3 m. – viz např. https://cs.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System

Výše uvedené poznámky žádným způsobem nesnižují jinak velmi dobrou úroveň této bakalářské práce. Mají pouze pomoci autorovi lépe se v dané oblasti orientovat.

Doporučení práce k obhajobě: práci doporučuji postoupit k obhajobě.

Hodnocení bakalářské práce: velmi dobře

Otázky k obhajobě: Jaký je rozdíl mezi bezpečností a spolehlivostí? Čím se měří (jak se vyjadřuje) bezpečnost a jak spolehlivost u technických systémů?

V Pardubicích dne 15.8.2021

Podpis oponenta: