



Odborný posudek vedoucího diplomové práce

Student: **Bc. Libor VÝMOLA**

Název práce: **On-board diagnostika pojezdu kolejových vozidel**

V úvodu práce je provedena rešerše existujících systémů diagnostiky pojezdu při jízdě vozidla a popsány principy této diagnostiky. Zahrnuté byly také way-side diagnostické systémy, práce je však zaměřena především na diagnostiku on-board, tedy založenou na principu měření vibrací na vozidle. Cílem bylo navrhnout metodiku, která umožní separovat signál vibrační odezvy poruchy pojezdu měřený na vozidle od vibrační odezvy tratě.

Zadání práce bylo definováno v těchto bodech:

- 1) Úvod od problematiky a rešerše aktuálních řešení,
- 2) základní principy vibrodiagnostiky a její použití na KV,
- 3) předpokládané odezvy jednotlivých poruch pojezdu a odezvy tratě,
- 4) návrh metodiky pro vyhodnocení signálů,
- 5) zhodnocení a přínosy navrženého řešení.

Práce obsahuje přibližně 100 stran textu, které jsou doplněné o 89 obrázků a několik tabulek. K práci je přiloženo 50 stran příloh v tištěné podobě a přibližně 150 MB příloh v elektronické podobě. Elektronické přílohy obsahují všechny zpracovaná data v grafické podobě, lze tak každý signál, který je popsán v textové části dohledat.

V úvodu práce jsou popsány základní druhy diagnostiky jedoucích vozidel. Diplomant také popisuje návaznost diagnostiky na údržbu. V druhé hlavní kapitole jsou popsány existující systémy. V jednotlivých podkapitolách je popsáno pět systémů, a to jak on-board, tak way-side typy. Třetí a čtvrtá kapitola jsou zaměřeny na technickou diagnostiku obecně a popis snímačů. Dalším logickým krokem je vyhodnocení signálu, které popisuje kapitola 5. Popsány jsou metody vyhodnocení použitelné jak v časové, tak i frekvenční oblasti. V textu jsou uvedeny také matematické vztahy popisující jednotlivé metody vyhodnocení.

Kapitolou 6 začíná praktická část práce. V první podkapitole jsou popsány vstupní data, která budou dále pro výpočty použita. Data jsou prezentována graficky jako časové průběhy, průběh statistických veličin v čase a také frekvenční spektra a spektrogram. Popis je doplněn také o diskuzi nad tím, co lze v signálech vidět. V textu jsou uvedeny pouze příklady, všechny průběhy si lze podrobně prohlédnout v příloze. V kapitole 6.2 je popsán simulační model vozidla a koleje vytvořený v systému SIMPACK. Jsou uvedeny parametry modelu a také objasněn nezvyklý způsob modelování koleje. Důležitý je popis modelování poruchy na kole včetně popisu, jak byl použit při tvorbě modelu. Kapitola 6.3 pak popisuje jednotlivé předpokládané poruchy a jejich matematický popis, který je použit při simulaci. Diplomant v práci předpokládá poruchy: ploché kolo, excentricita, ovalita a polygonizace kola. Kapitola 6.4 vysvětluje, jakým způsobem byly bezporuchové signály z reálného provozu spojeny s výsledky simulace tak, aby vznikly jednotlivé varianty poruchových signálů pro zvolený usek tratě.

Od kapitoly 7 je popsána vytvořena metodika, která byla hlavním cílem práce. Navržená metodika byla realizována (resp. ověřována) v prostředí MATLAB. Popis metodiky je realizován jako popis vývojových diagramů programu. Pro přehlednost byl postup rozdělen do 4 částí – jednoho hlavního programu a 3 podprogramů.

Kapitola 8 popisuje jakým způsobem jsou hodnoceny výsledky z kapitoly 7. Tedy po provedení diagnostického testu je výsledek dále zhodnocen z pohledu rozvoje poruchy v čase a také velikosti poruchy s ohledem na již provedené realizace. Důležitý je také popis použití dat ze všech kol z jednoho vozidla k filtraci

vlivu tratě. Princip je demonstrován na několika příkladech a popis je doplněn o přehledná schémata jednotlivých situací.

Kapitola 9 je zaměřena na vliv stavu tratě na výsledky diagnostiky a jak tento vliv eliminovat. Byly zvoleny tři úseky s jiným charakterem odevzy a dále porovnán jejich vliv na výsledek při různých intenzitách poruchy.

V kapitole 10 je popsán vliv rychlosti vozidla na stanovení velikosti poruchy. Diplomát dospěl k tomu, že u všech poruch nemusí být tato závislost zcela jednoznačná, a že tato oblast by obnášela podrobnější výzkum. Pro objasnění tohoto jevu provedl diplomát další simulace, na kterých pak tento jev objasňuje. Na konci kapitoly uvádí způsob, jakým způsobem by měl být systém nastaven, aby bylo možné z velikosti odevzy stanovit přibližný rozměr vady, v tomto případě velikost plochy u plochého kola.

V poslední kapitole 11 jsou popsány předpoklady a postup pro uplatnění systému v praxi. Jedná se o popis umístění na vozidlo, nutnost realizace průzkumných jízd, přehled konstant, které je potřeba stanovit z průzkumných jízd. Je zmíněna také predikce vývoje stavu poruchy, avšak již není popsáno, jak by ji bylo možné realizovat. Není to ale chybou, protože to nebylo zadáním této práce.

Prosím, aby diplomát při obhajobě zodpověděl následující otázky:

- 1) V kapitole 7 popisujete, že pro správnou funkci systému je potřeba provést „vstupní jízdu“ vozidla a následně vyhodnotit signály ručně. **Lze nějak tento proces automatizovat a vyhnout se ručnímu vyhodnocení?**
- 2) V metodice je uvedeno mnoho konstant, které se používají při výpočtu (shrnutí v kap. 11). **Lze je považovat za univerzální pro tuto metodiku nebo je potřeba je pro dané vozidlo, resp. daný úsek trati stanovit vždy znovu?**
- 3) Která část metodiky (resp. algoritmů) by byla realizovatelná na vozidle? **Jak velký objem dat by bylo asi potřeba přenášet v případě, že by se vyhodnocení provádělo až na serveru?**
- 4) V kapitole 11 je uvedeno, že vozidlo bude vybaveno snímačem zrychlení, který bude vyhodnocovat, zda se vozidlo nachází v oblouku tratě. **Kam byste tento snímač na vozidlo umístil, aby správně fungoval a proč? Je opravdu nutné snímač použít, když známe aktuální polohu vozidla z GPS nebo AVV/ATO?**

Jako vedoucí práce musím konstatovat, že diplomát postupoval při řešení práce systematicky, aktivně a samostatně. Během řešení využíval četné konzultace s vedoucím práce a také s odborníky z praxe. Pro realizaci výpočtů uměl použít jak simulační software SIMPACK, tak výpočetní software MATLAB, a to i pro nestandardní výpočty.

Práce je členěna přehledně, na začátku každé kapitoly je popsáno, co obsahuje. Práce neobsahuje žádné zásadní formální nedostatky. Zpracování je kvalitní. Odevzdanou práci hodnotím jako práci s vysokou odbornou úrovní a kvalitním zpracováním. Několik závěrů a výsledků by bylo možné dále rozvíjet, avšak v této práci již na to nezbyl prostor.

Text práce byl podroben kontrole plagiátorství v IS STAG s negativním výsledkem. Plagiát lze také vyloučit s ohledem na průběžné konzultace diplomanta s vedoucím práce. Práce neobsahuje žádné originální řešení, pro které je nutné autorské osvědčení nebo zajištění patentových práv.

Na základě výše uvedeného hodnotím diplomovou práci stupněm

„A“ (resp. „výborně“)

V Pardubicích dne 29.5.2022

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.