

WAYSIDE DIAGNOSTIKA POJEZDU V ÚDRŽBĚ VOZIDEL METRA

WAYSIDE DIAGNOSTIC OF RUNNING GEAR IN SUBWAY VEHICLES MAINTENANCE

Jakub VÁGNER¹, Petr HAVLÍČEK², Stanislava LIBEROVÁ³, Martin KOHOUT⁴

Abstrakt

Úvod příspěvku popisuje výhody wayside diagnostiky jedoucích vozidel, existující systémy a systém vyvíjený v rámci projektu TAČR Wayside diagnostika pojezdu kolejových vozidel. V další části jsou popsány vybrané diagnostikovatelné poruchy, jejichž zjištění je při statické prohlídce v depu problematické či nemožné. Automatický diagnostický systém plní kromě možnosti přechodu k prediktivní údržbě také bezpečnostní funkci, protože umožňuje odhalit náhlé poruchy, které se vyskytnou v provozu. V závěru příspěvku je popsána vize, jak začlenit wayside diagnostiku pojezdu do již existujícího systému údržby vozidel.

Klíčová slova

diagnostika, kolejové vozidlo, údržba vozidel

Abstract

The introduction describes the advantages of wayside diagnostics of running railway vehicles, existing systems and the system developed within the project TAČR Wayside Diagnostics of Railway Vehicles Running Gear. The next section describes selected diagnosable disorders, the detection of which is problematic or impossible during a static inspection in the depot. In addition to the option of switching to predictive maintenance, the automatic diagnostic system also performs a safety function, as it makes it possible to detect sudden faults that occur during operation. The paper concludes with a vision of how to integrate wayside diagnostics into an existing vehicle maintenance system.

Keywords

wayside diagnostic, railway vehicle, vehicle maintenance

1 ÚVOD

Myšlenka way side diagnostiky kolejových vozidel není nová a na světě existuje mnoho systémů s různými principy detekce. Také účel diagnostiky nemusí být vždy stejný. Tento princip diagnostiky, oproti „onboard“ diagnostice je obvykle uplatňován správcem infrastruktury za účelem detekce závad na vozidlech, které mají negativní účinky na trať nebo mohou ohrozit bezpečnost provozu.

¹ Ing. Jakub Vágner, Ph.D., University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering. Katedra dopravních prostředků a diagnostiky, 532 10 Pardubice. Tel.: +420 466 036 493, e-mail: jakub.vagner@upce.cz

² Ing. Petr Havlíček, Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s. Sokolovská 42/217, 190 00 Praha 9. Tel.: +420 604 200 944, e-mail: havlicekp@dpp.cz

³ Ing. Stanislava Liberová, Ph.D., University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering. Dislokované pracoviště DFJP, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová. Tel.: +420 466 037 429, e-mail: stanislava.liberova@upce.cz

⁴ Ing. Martin Kohout, Ph.D., University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering. Dislokované pracoviště DFJP, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová. Tel.: +420 466 037 427, e-mail: martin.kohout@upce.cz

Diagnostika se obvykle zaměřuje na: vady dvojkolí, přetížení vozidel, nerovnoměrné ložení, narušení obrysu pro vozidla, nestabilitu chodu, horkoběžnost vybraných komponent v pojezdu, prasklé pružiny, opotřebená ližina sběračů, vykolejení atd. Cílem těchto systémů je výstraha při detekci závady, případně zastavení vlaku za účelem zabránění škodám na životech a majetku.

V provozu vznikají nejen závažné poruchy poškozující dopravní cestu, ale i poměrně malé poruchy, které zvyšují např. hlučnost jízdy vozidla. Právě tyto malé poruchy na jízdní ploše, které jsou detekovatelné měřením vibrací na trati, nejsou zjistitelné při vizuální kontrole na stojícím vozidle v depu. Tento typ poruchy je sice detekovatelný při jízdě vozidla obsluhou (strojvedoucí) a zaznamenán do knihy oprav, ale v případě metra jsou takové poruchy odhaleny jen u hlavových vozů (1. a 5. vůz), protože ostatní vozy nejsou obsazeny obsluhou. Některé poruchy, jako je zvýšená hlučnost či vibrace na vložených vozech, pak bývají nahlášené cestujícími formou stížnosti. Z pohledu údržby vozidel (statická prohlídka) je tedy problematické zachytit dynamické jevy (poruchy), které se projevují pouze během jízdy. Avšak systémů v trati (zejména systémy fungující na principu měření vibrací nebo hluku), které by sloužily pro diagnostiku pojezdů jedoucích vozidel, nenajdeme mnoho.

2 WAYSIDE DIAGNOSTIKA VOZIDEL

2.1 Existující systémy

Při porovnávání existujících systémů je nutné také zohlednit, do jaké míry ovlivňuje montáž systému integritu koleje a jaký prostor je potřeba pro umístění systému v okolí koleje. Zejména systémy fungující na principu měření svislých sil, jako např. MULTIRAIL® InterScan [4], využívají speciální měřicí betonové pražce. To vyžaduje zcela zásadní stavební zásah do koleje. Navíc v podmínkách metra je toto řešení obvykle nepoužitelné z důvodu toho, že se využívá pevné jízdní dráhy. Dalším diagnostickým systémem, který umožňuje indikaci poškozených kol a vážení vozidel za jízdy je Tamtron Scalex® WILD. Měřicí úsek je zde tvořen šest metrů dlouhou přímkou kolejí, která je osazena snímači [5]. Opět je nutný zásah do integrity koleje při montáži. Ve Švýcarsku je využíván systém ZKE, sdružující řadu diagnostických modulů včetně systému pro detekci vad na kolech a horkoběžnosti prvků dvojkolí, jak je uvedeno v [7].

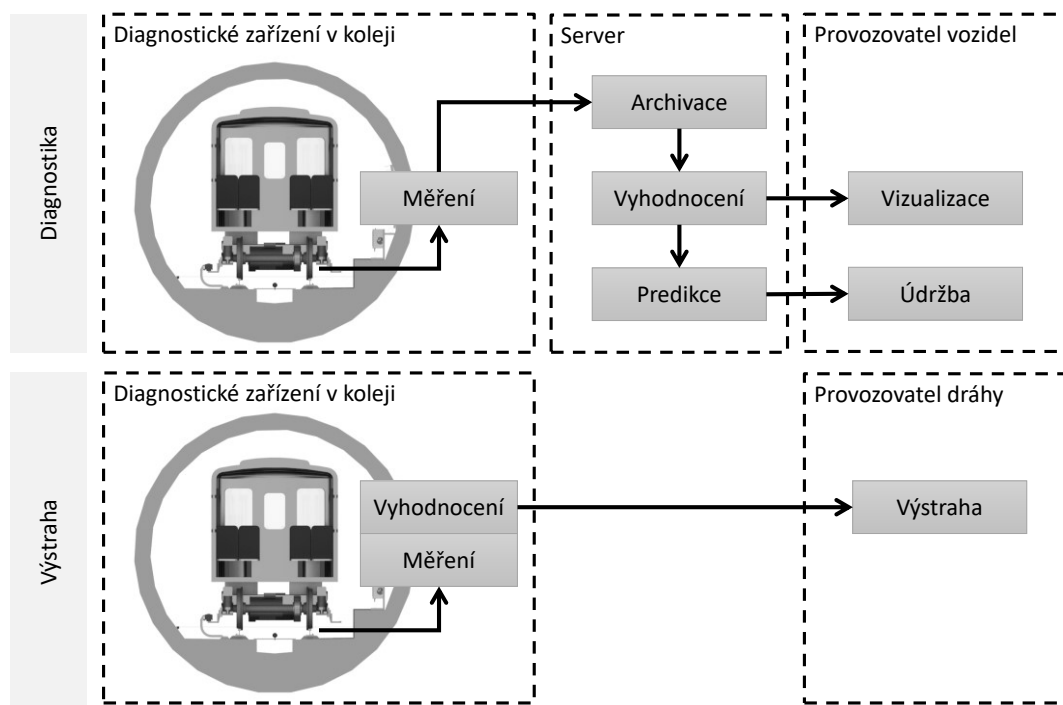
Mezi systémy nenarušující integritu koleje patří ARGOS® Systems, který je používán v různých úrovních (detektor vykolejení, automatická kontrola vlaku včetně modulu pro vady na kolech, kontrola bezpečnosti proti vykolejení a stability jízdy). Dle [6] je možné systém doplnit ještě dalšími moduly (např. ACRAMOS – systém sledování hluku). Zde se montáž provádí na již vybudovanou kolej. Systém RailBAM® detekující včasné a pokročilé vady ložiska včetně poruch kol u kolejových vozidel v průběhu průjezdu úsekem traťovou rychlostí. Tento systém používá dvě skříně, pomocné senzory namontované na pražci a systém na zpracování signálu umístěný v bočním krytu [10]. Systém WCM (Wheel Condition Monitor) poskytuje informace o kole a podmínkách zatížení kola. Jedná se o systém WILD s možností detekce vad vznikajících v důsledku zatěžování kola, např. praskliny, plošky, shelling, kruhovitost. Systém nenarušuje integritu koleje [10].

Jsou k dispozici také komplexní systémy, které kombinují wayside a onboard diagnostiku. Patří sem systém Railigent, na jehož vývoji se podílí asi patnáct firem (Dellner, DMA, Frauscher, Knorr-Bremse, KONUX, NEM Solutions, SKF, Strukton, Voestalpine Signaling, Voith, Wi-Tronix atd.) [8]. Systém Railigent v sobě integruje mnoho systémů pro monitoring provozu (nejen vozidel). Jedním z takových systémů je Vehicle Equipment Measurement Systems (VEMS), který umožňuje měření jízdního obrysu kola, opotřebením brzdových komponent, kontrolu sběrače a vizuální kontrolu vozidla [11].

2.2 Vyvíjený systém Diagnostika pojezdu (DiPo)

V rámci projektu TAČR CK02000218 „Wayside diagnostika pojezdu kolejových vozidel (DiPo)“ je vyvíjen diagnostický systém kolejových vozidel, který může fungovat jak v režimu výstrahy (pro správce dráhy), tak v režimu diagnostiky vozidel (pro údržbu vozidel). Řešiteli projektu jsou Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice a STARMON s.r.o. Výzkum navazuje na předchozí projekt TAČR TE01020038 - Centrum kompetence drážních vozidel (pracovní balíček WP14), který skončil v roce 2019. V rámci projektu vznikl funkční vzorek zařízení (CKDV-FV-2018-JV-01), který ukázal dlouhodobým měřením, že pomocí měření vibrací na kolejnici lze vybrané závady opravdu diagnostikovat a sledovat trendy v jejich rozvoji [12]. Nově bude vyroben prototyp v průmyslovém provedení a bude vytvořen SW, který umožní vyhodnocení dat v návaznosti na údržbu vozidel.

Předpokládají se dvě varianty finálního zařízení. HW pro měření a přenos dat bude stejný pro obě varianty (výstraha i diagnostika). Oba typy se pak liší zejména SW a následným vyhodnocením. Blokové schéma lze vidět na obr. 1. V případě výstrahy lze data vyhodnotit v místě měření a přenést pouze výsledek, v případě diagnostiky vozidel je potřeba přenést větší objem dat. Výhodou zařízení, oproti konkurenci, bude poměrně malý rozměr, neinvazivní montáž do koleje a nízká cena.



Obr. 1 Blokové schéma zařízení pro obě varianty použití

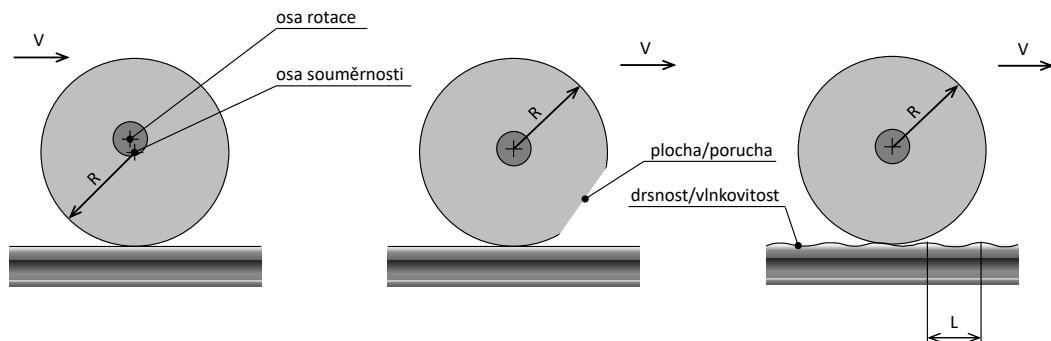
Nejjednodušší varianta vyvíjeného systému vyžaduje umístit pouze dva jednoosé snímače zrychlení na kolejnici a jeden počítač náprav. Tato základní konfigurace umožňuje předávat do nadřazeného systému informace o výstraze při problematickém průjezdu. Variantně bude možné využít více snímačů zrychlení, případně tenzometry a hlukoměr. Rozšířená varianta navazuje na nadřazený SW, který naměřené průjezdy archivuje, vyhodnocuje a stav sledovaných komponent predikuje. V obou případech se výsledky předají provozovateli dráhy, provozovateli vozidel, případně oběma.

3 DIAGNOSTIKOVATELNÉ PORUCHY Z MĚŘENÍ VIBRACÍ NA KOLEJNICÍCH

3.1 Vady na jízdní ploše kola

Vady na ploše kola lze detekovat v případě, že vybudí dynamickou odezvu v koleji při jízdě vozidla. Lze tak detekovat plochá kola, polygonizaci obvodu kol, zvýšenou drsnost jízdní plochy, nevyvážené kolo (radiálně), případně i nevyváženost celého dvojkolí. Existují ale také poruchy, které detekovat nelze nebo detekce není zcela spolehlivá. Jedná se o tvar jízdního obrysu kola (např. výška a šířka okolků), lokální vydroleniny malého rozměru, plochy na jízdní ploše kola, které vznikly mimo plochu na obvodu kola pojížděnou v místě měření (plocha vzniklá v oblouku se dynamicky neprojeví v přímé koleji z důvodu rozdílné polohy aktuálního dotykového bodu na kole). Při měření odezvy jedoucího vozidla lze sledovat následující frekvence odezvy:

- 1) Frekvence otáčení kola cca 10 Hz při rychlosti 20 m/s (vzorec 1, obr. 2), tato odezva je závislá na rychlosti jízdy a obvodu kola; obvykle se nevyskytuje samostatně – je modulována dalšími frekvencemi.
- 2) Frekvence od odezvy tratě cca 200, 400, 600 Hz – tyto frekvence jsou silně závislé na typu železničního svršku a je potřeba je stanovit pro konkrétní lokalitu umístění měřicího systému individuálně. V závislosti na rychlosti jízdy se nemění, pouze se zesílí v případě vybuzení.
- 3) Drsnost kol a kolejnic – frekvence je závislá na rychlosti jízdy vozidla a vlnové délce drsnosti kola a kolejnice (vzorec 2, obr. 2). Pokud má drsnost nějakou dominantní vlnovou délku (např. po broušení kolejnic od brusných nástrojů, viz obr. 3), pak lze najít také dominantní frekvence v odezvě (a jejich násobky). Obvykle se však jedná o širokospektrální „šum“ v rozsahu jednotek Hz až jednotek kHz.



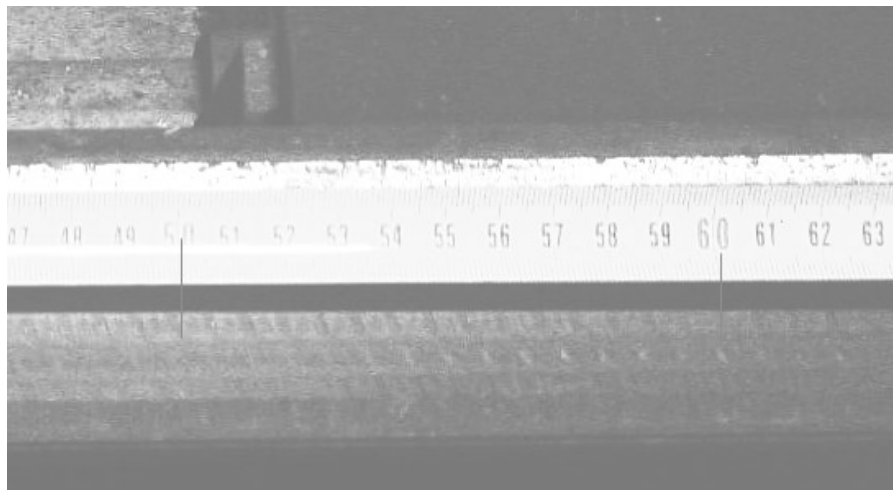
Obr. 2 Dvojkolí s nevyvážkem (vlevo), s vadou na jízdní ploše (uprostřed) a odezva vlnkovitosti (vpravo)

$$f_{dv} = k_{dv} \cdot v = \frac{1}{\pi \cdot D_k} \cdot v, \quad (1)$$

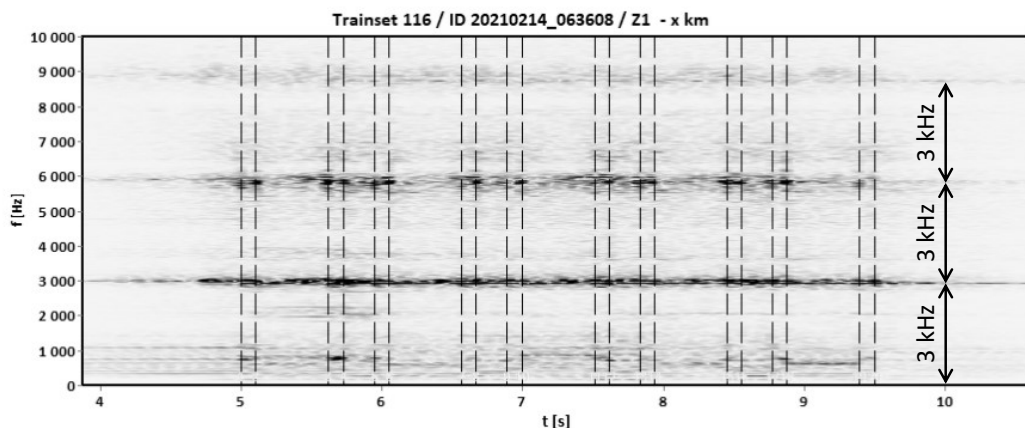
$$f_b = \frac{v}{L}, \quad (2)$$

Z naměřených dat je zřejmé, že obvykle dochází k amplitudové modulaci frekvence otáčení kol a frekvence koleje (viz body 1 a 2), detekci tedy nelze provádět jako detekci nosné frekvence (otáčky kola), ale modulovaného signálu. Mohlo by se zdát, že porucha „ploché kolo“ je tak dominantní, že ji lze odhalit pouhým překročením vhodně zvolené maximální hodnoty signálu. Nicméně v měřených signálech se objevuje mnoho případů, kdy je odezva (amplituda) jiné poruchy silnější než „ploché kolo“. Spolehlivá identifikace poruch tak není triviálním úkolem a každá porucha vyžaduje zvláštní přístup.

V případě broušení kolejnic (viz bod 3), které bylo v místě měření provedeno, byla na místě zjištěná délka vlny $100 \text{ mm} / 15 = 6,6 \text{ mm}$ a pro rychlost 20 m/s tak vychází frekvence $20 / 0,0066 = 3030 \text{ Hz}$. Na obr. 4 je zobrazen spektrogram průjezdu soupravy rychlostí $20,2 \text{ m/s}$ a jsou zde zřetelně vidět frekvence 3 kHz , 6 kHz a 9 kHz jako násobky základní frekvence 3 kHz . Tato odezva se před broušením v signálech neobjevila.



Obr. 3 Detail pojížděné plochy kolejnice po broušení



Obr. 4 Spektrogram průjezdu soupravy č. 116 rychlostí $20,2 \text{ m/s}$

3.2 Poruchy pohonu

Diagnostika poruch dvojkolí je použitelná obecně pro všechny typy vozidel. Při diagnostice pohonu je třeba znát typ vozidla a jeho parametry. Dále je potřeba si uvědomit, že cesta šíření vibrací od pohonu je delší než přímá interakce dvojkolí. Z již nasbíraných dat lze konstatovat, že určité poruchy detekovat lze, ale zatím se nepovedlo tyto poruchy uspokojivě verifikovat, protože verifikace vady pohonu není tak jednoduchá, jako verifikace povrchu kola.

Při poruše pohonu je potřeba detekovat frekvence související s dynamickou odezvou pohonu. Typicky se jedná o rotaci trakčního motoru, zubovou frekvenci převodovky a její násobky. Dále lze hledat frekvence, které generuje spojka mezi motorem a převodovkou (pouze u zubových spojek). Frekvence otáček trakčního motoru jsou v desítkách Hertz (např. 50 Hz), zubové frekvence převodovky jsou typicky ve stovkách Hertz (např. 650 Hz) – všechny tyto frekvence jsou závislé nejen

na rychlosti jízdy vozidla, ale také na aktuálním průměru kol. Zubová frekvence je samozřejmě závislá také na počtu zubů ozubených kol v převodovce (konstantní parametr pro daný typ vozidla).

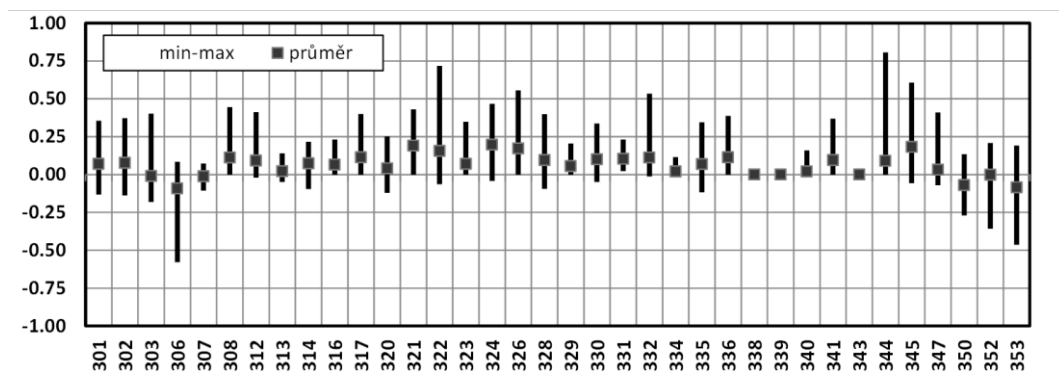
V prvních fázích výzkumu byly pečlivě sledovány průměry kol, aby mohla být zubová frekvence spolehlivě detekována. Nicméně s ohledem na přesnost určení rychlosti vozidla (± 2 km/h) není vliv průměru kol tak zásadní a lze použít střední průměr.

3.3 Hlučnost

Během realizace měření byly v tunelu umístěny také mikrofony pro měření hladiny akustického tlaku, byť prostor tunelu nesplňuje parametry volného zvukového pole. V minulosti byly mikrofony umístěny v koleji (pod soupravou) a také na ostění tunelu. Naměřená data ukázala, že data z ostění tunelu nenesou žádnou diagnostickou informaci o stavu soupravy. Důvod je ten, že prostor pojezdu je od mikrofону „odříznut“ pochozí lávkou vedle koleje a přímo na skříní vozidla není žádný konstrukční celek, který by byl zdrojem hluku (na rozdíl od konvenční železnice, kde se často umísťují agregáty na střeche vozidla). Proto pro diagnostiku byly použity pouze mikrofony umístěné v koleji. Toto umístění umožňuje měření velmi blízko zdrojům hluku (dvojkolí, pohon, převodovky, agregáty pod podlahou), avšak identifikace stavu jednotlivých agregátů není jednoduchá. Problémem je kromě absence volného zvukového pole (resp. vysoká odrazivost blízkých ploch) a také vliv Dopplerova efektu. Z tohoto důvodu se nevyhodnocuje ekvivalentní hladina hluku pro dílčí agregát či komponentu, ale pro větší celek, jakým je vůz či celá souprava. Navíc je nutné výslednou hodnotu chápat jako relativní (po provedení „kalibrace“ dle výchozího stavu soupravy jsou vyhledávány pouze změny stavu v čase). Vnější podmínky (akustické pozadí) lze, na rozdíl od konvenční pozemní železnice, zanedbat, neboť tunel je uzavřeným prostorem bez jiných zdrojů hluku, a který se vyznačuje stabilní teplotou a vlhkostí. Rušivé vlivy jízdy vlaku z druhého tubusu nebyly zaznamenány (i když jsou tubusy propojeny příčnými tunely).

3.4 Nastavení sběračů

Při měřící kampani v lokalitě Opatov (soupravy M1) se v signálech hluku objevovalo rušení, způsobené nárazy sběračů do začátku (náběhu) napájecí kolejnice – tedy místo, kde se výška napájecí kolejnice snižuje a sběrač na kolejnici nabíhá ze spodní strany. Při analýze těchto „rázů“ (zvuku) bylo zjištěno, že každá souprava má svou typickou odezvu. Vznikla tak hypotéza, že by tyto rázy mohly souviset se stavem sběrače. Data byla podrobena analýze a z principu náběhu sběrače bylo odvozeno, že tyto data mohou nést informaci jak o nastavené výšce sběrače, tak o nastaveném předpětí sběrače.



Obr. 5 Souhrn výsledků relativní výšky sběračů u souprav M1 (minimum, maximum, průměr)

Výsledky jsou zřejmé z grafu na obr. 5, kde jsou zobrazeny odchylky výšky sběračů. Bohužel nebylo možné tyto hodnoty ověřit, neboť v údržbovém plánu je požadavek: „proměřit a podle potřeby seřídit výšku a přítlak sběrače v pracovní poloze“, avšak není požadavkem tyto hodnoty zaznamenat.

Pokud by se prokázala funkčnost této diagnostiky, bylo by možné hlídat tyto hodnoty při každém průjezdu soupravy a v případě výstrahy pak seřadit jen vybrané sběrače v intervalu R0. Lze očekávat, že by to mohlo přinést úsporu opotřebení jak sběračů, tak kolejnic. Další úspora by se zřejmě objevila v podobě lidské práce, protože měření by probíhalo zcela automaticky.

4 PODMÍKY PRO PŘECHOD K PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBĚ

4.1 Stávající údržbový systém

Stávající údržbový systém kolejových vozidel většiny provozovatelů je téměř vždy víceúrovňový. V případě údržby vozidel metra DP Praha a.s. je pětistupňový – R0 až R4. Revize R0 je nejnižší denní provozní kontrola – je definována kilometrickým proběhem 3500 ± 500 km. Následují další stupně, až do 5. stupně R4, což je střední vyvazovací oprava se střední hodnotou nájezdu 360 tis. km. S požadavkem prodloužit životnost vozidel byl později přidán stupeň R5, který k stupni R4 přidává některé údržbové zásahy, které však nesouvisí s diagnostikou pojezdu. S ohledem na typický kilometrický proběh souprav se provádí R0 cca po 4÷5 dnech, R1 po cca 8÷10 dnech, R2 po cca 6÷8 měsících a R3 po cca 12÷15 měsících. Předpoklad je, že soupravy by měly odcházet do údržbového intervalu R4 po cca 4÷5 letech provozu. Stupeň R5 se provádí po 3 stupních R4, tedy v kilometrickém proběhu cca v 1.5 mil. km, a v dnešní době prošlo touto opravou R5 cca 9 souprav. Shrnutí údržbových intervalů je v tab. 1.

Tab. 1 Stupně údržby vozů 81-71-M

stupeň údržby	min. interval [km]	střední interval [km]	max. interval [km]	0 km	72 000 km	144 000 km	216 000 km	360 000 km	432 000 km	504 000 km
R0	3 000	3 500	4 000	24x R0	24x R0	24x R0	24x R0	24x R0	24x R0	24x R0
R1	6 000	7 000	8 000	12x R1	12x R1	12x R1	12x R1	12x R1	12x R1	12x R1
R2	64 800	72 000	79 200	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	129 600	144 000	158 400	R3			R3		R3	
R4	324 000	360 000	396 000	R4					R4 ...	
R5	1 296 000	1 440 000	1 584 000	R5 = 4x R4 ...						

*) Vyšší stupeň vždy zahrnuje úkony nižších stupňů

Výše uvedené intervaly (tab.1) jsou plánem preventivní údržby, který je rozdílný pro jednotlivé komponenty dle servisních požadavků a doporučení výrobců (např. mazací intervaly). Nicméně během provozu vznikají také náhle poruchy, příp. nehody, které mohou tento plán narušit (neplánovaná korektivní údržba). Např. u dvojkolí jsou stanoveny úkony v intervalu R0+ (vizuální kontrola jízdní plochy kola při R0 a vyšším stupni) a R2+ (měření opotřebení jízdního obrysu kola při R2 a vyšším stupni) a na základě výsledku kontroly (měření) se rozhodne o případném soustružení dvojkolí. Naopak v případě vzniku poruchy na jízdní ploše kola v provozu (např. plochy od brzdění) je potřeba provést soustružení ihned. V prvním případě se jedná o postupnou poruchu (opotřebení), v druhém případě se jedná o poruchu náhlou (okamžitá změna do neprovozního stavu). V případě, že je porucha na jízdní ploše kola významná (mezní hodnoty stanovené předpisem), souprava se odstavuje jako neprovozní, aby se zabránilo poškozování koleje a snížily se vibrační a hlukové emise do okolí.

V dosavadním systému údržby tedy existují pouze dvě možnosti, jak detekovat negativní dynamické projevy pojezdu, a to regulérní či mimořádnou zkušební jízdou. Samotná detekce je provedena poslechem za jízdy na základě zkušeností. Zkušební jízda se provádí vždy po provedení údržby v intervalech R2+. Nicméně stav jízdních ploch kol se může v provozu změnit v podstatě okamžitě. Druhou možností pro odhalení poruch (pouze vady na jízdní ploše kola) je vizuální kontrola při stojícím vozidle v depu, která je předepsaná pro interval R1+. Vizuální kontrolou je možné

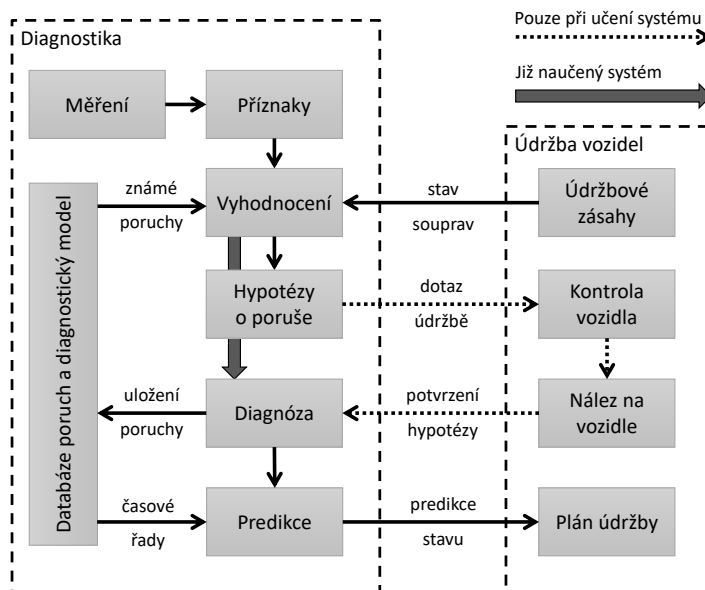
většinou odhalit až významné plochy, trhliny či jiné vady. Problematický je také přístup k celému obvodu kola a časová náročnost tohoto úkonu (40 kol v soupravě). Bez pootočení kol (posun soupravy o třetinu otáčky kola) nelze kontrolu provést zcela důsledně. Po otočení kol je potřeba projít soupravu znovu (celkově tedy $3 \times 40 = 80$ kontrolovaných míst). Kontrolovat lze také ovalitu kola, ale to vyžaduje nadzvednutí dvojkolí, což se provádí až v případech podezření na poruchu.

4.2 Podmínky nutné pro zavedení prediktivní údržby

Před zavedením prediktivní údržby je nutné v provozu metra, charakterizovaného dlouhodobě vysokou mírou bezpečnosti, nejprve prokázat důvěryhodnost vyvíjeného systému diagnostiky pojezdu vozidel metra (DiPo), tedy jednoznačně prokázat souvislost mezi poruchou, příznakem a daty naměřenými automatickým systémem v DiPo. Tento požadavek je možné splnit pouze za předpokladu automatického přenosu dat mezi diagnostickým systémem a do databází údržby. Poté bude možné automatické párování informací o zjištěných poruchách, provedených zásazích a výsledcích měření.

Druhým předpokladem pro přechod k prediktivní údržbě je existence časových řad (dlouhodobá měření). Tyto záznamy je však nezbytné doplnit také o kvantifikovatelný popis (příp. měřitelné parametry) vývoje stavu sledovaných celků, komponent, agregátů získaných při všech stupních oprav. Jedině za splnění této podmínky je možné přejít k predikci následného vývoje a optimalizaci provádění údržby, tedy údržby komponent na základě jejich skutečného stavu.

Na obr. 6 je zobrazen proces diagnostiky. V první fázi je potřeba systém učít a také získat časové řady (zobrazeno čárkovaně). V druhé fázi, po sběru dostatečného počtu detekcí, již lze poruchy (aktuální stav) detekovat přímo. Provázanost s údržbou je však stále potřebná, protože je nutné sbírat časové řady za účelem predikce technického stavu.



Obr. 6 Proces diagnostiky postupných poruch a jejich predikce

5 ZÁVĚR

Při diagnostice poruch pojezdu jedoucích vozidel lze poruchy odhalit dvěma přístupy. Jednodušší z nich je teoretická analýza poruchy, výpočet očekávaných frekvencí odezvy a prostá detekce této odezvy v naměřeném signálu. Poruchy je pak nutné verifikovat fyzickým ohledáním

vozidla (což někdy obnáší i demontáž příslušných komponent). Druhý přístup využívá informaci z údržby a na základě známého technického stavu hledat zpětně příznaky v naměřených signálech. Při zavádění systému je však nutné použít obou metod, aby se využilo plného potenciálu poruchy odhalit a systém byl spolehlivý. Automatická detekce poruch tak může snížit časovou náročnost některých úkonů v nižších stupních údržby (R0 a R1), navíc pak může sloužit pro zpřesnění kontroly při zkušebních jízdách souprav. Zavedením popsaného systému lze navíc získat systém výstrahy v případě náhlých poruch, které by jinak byly odhaleny nejdříve až v nejnižším stupni údržby (cca 3000 km).

Příspěvek vznikl v souvislosti s řešením projektu č. TAČR CK02000218, „Wayside diagnostika pojezdu kolejových vozidel“.



Literatura

- [1] KOVÁŘ, L., KRÁSENSKÝ, D., POLACH, V., ZOUHAR, Z. Diagnostika jedoucích železničních vozidel. In: *Vědeckotechnický sborník ČD* [online]. 2014, 37 [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/195441/3704.pdf/cb799ac3-559d-4636-8fe1-630947fe5b32>
- [1] STARMON s.r.o. [online]. *Produkty – ASDEK PHOENIX*. Produktový katalog [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <http://www.starmon.cz/cs/produkty-asdek-phoenix.html>
- [2] *MULTIRAIL® WheelScan*. Produktový list firmy Schenck Process GmbH.
- [3] *MULTIRAIL® InterScan*. Produktový list firmy Schenck Process GmbH.
- [4] TAMTRON s.r.o. [online]. *Scalex® WILD*. Produktový list [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.tamtrongroup.com/cs/product/tratove-zarizeni-pro-detekci-poskozenych-kol-a-vysokorychlostni-vazeni-tamtron-scalex-wild-wheel-impact-load-detector/>
- [5] ARGOS® Systems [online]. *Argos® systems – Wayside Train Monitoring Systems*. Webová prezentace [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <http://argos-systems.eu>
- [6] SBB [on-line]. *Zugkontrollenrichtungen: Kompromisslose Sicherheit*. Webová prezentace [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <https://bahninfrastruktur.sbb.ch/de/produkte-dienstleistungen/bahnbetrieb/zugkontrollenrichtungen.html>
- [7] Siemens Mobility [online]. *Railigent® – the solution to manage assets smarter*. Webová prezentace [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/services/digital-services/railigent.html>
- [8] OLIVÍK, P. ČD CARGO a Unipetrol sázejí na Railigent. *Visionsmag* [online]. 05/2018 [cit. 03. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/cd-cargo-a-unipetrol-sazeji-na-railigent>
- [10] Wabtec Corporation [online]. *Railway condition monitoring systems and asset management solutions*. Webová prezentace Track IQ [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.trackiq.net/>
- [11] SIEMENS Mobility [online]. *Vehicle Equipment Measurement Systems*. Webová prezentace [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/services/digital-services/smart-measurement/vehicle-equipment-measurement-systems.html>
- [12] VÁGNER, J., KOHOUT, M., HÁBA, A., MUSIL, M., ZELENKA, J. *Dlouhodobé ověřování systému analýzy poruchových stavů v provozu vozidel metra DP Praha*. Výzkumná zpráva CKDV-WP14-2017-JV-01. Pardubice: 2017.