



Modulární počítač náprav 4.0

FW01010281

Funkční vzorek

Opticko-mechanický vláknový senzor deformace kolejnice

FW01010281-V1

Autoři:

Pavel Stachiv

Ivo Stachiv

Chih-Yun Kuo

Zdeněk Hadaš

V Ostravě dne 22. 12. 2022

Úvod

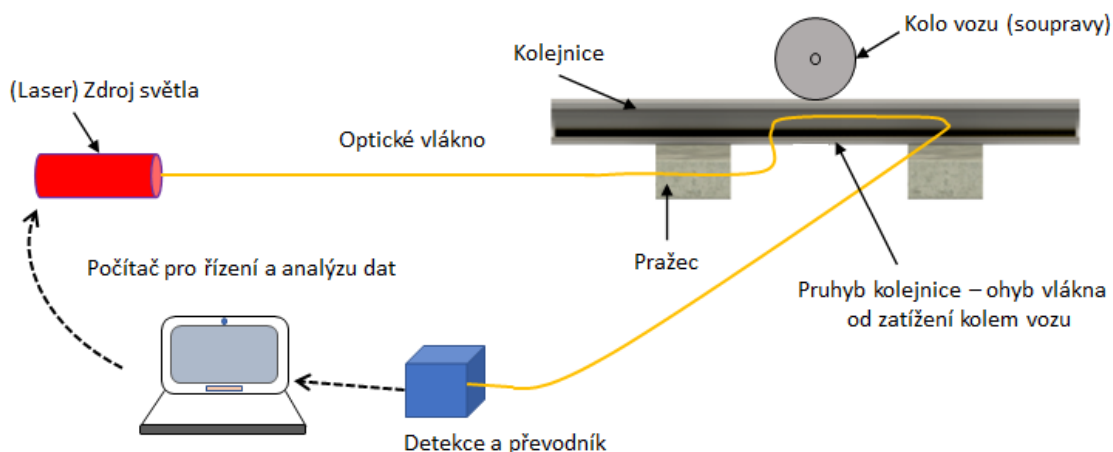
Na základě řešení projektu TAČR v rámci výzvy TREND číslo FW01010281 s názvem Modulární počítač náprav 4.0 byl vyvinut funkční vzorek číslo FW01010281-V1.

1. Návrh funkčního vzorku

Opto-mechanický snímač deformace kolejnice byl vytvořen na základě dlouholetých zkušeností zaměstnanců firmy Drážní revize s.r.o. v oblasti optických sensorů (např. pro měření vlastností kapalin nebo deformace) a dále vědeckých pracovníků na VUT v Brně v oblasti monitorování železnic pomocí chytrých snímacích prvků. Tento snímač se sestává z volby vhodného světelného zdroje (tj., laseru o dostatečně velkém výkonu) a vlastního optického vlákna, dále z photodetektoru a elektroniky k převodu dat do počítače, kde je následně signál analyzován. Tento sensor pracuje na principu ztráty intenzity světla procházejícího optickým vláknem. Při zatížení kolejnice kolem vozu, se kolejnice deformuje a tato deformace způsobí ohyb optického vlákna a následně požadovanou ztrátu intenzity světla. Navržený systém je schematicky popsán na Obr. 1. Matematicky je možné ztrátu intenzity světla způsobenou ohybem vlákna popsat pomocí následující rovnice

$$2\alpha = \frac{\sqrt{\pi\kappa^4} \exp[-(2\gamma^3 R_e)/(3\beta_z^2)]}{2\sqrt{R_e\gamma^3 V^2 K_{m-1}(\gamma a) K_{m+1}(\gamma a)}, \quad (1)$$

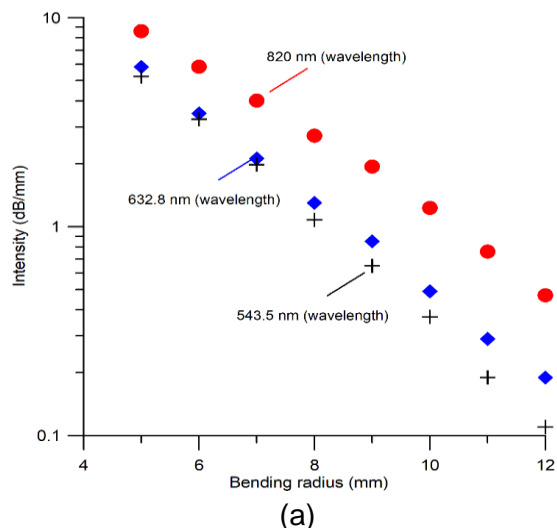
kde κ a γ jsou tlumící parametry (decay rate) pro jádro a obal optického vlákna, β je propagační konstanta, V je propagační konstanta závislá na refraktivních indexech jádra a obalu a dále vlnové délce a K je modifikovaná Besselova funkce a R_e je poloměr ohybu vlákna. Dále jsme pro návrh systému uvažovali dynamickou změnu způsobenou pohybem vlaku, která je popsána pomocí vlnové rovnice se započítáním tlumení. Na základě analýzy a simulací jsme obdrželi požadovanou závislost vlnové délky na ohybu vlákna pro různé vlnové délky laseru (viz. Obr. 2a). Výsledky byly následně testovány na firmě drážní revize s.r.o. (viz. Obr. 2b), kde bylo testováno i možné propojení optického snímače s PLC Semantic.



Obr. 1: Schéma opto-mechanického snímače pro měření deformace

Hlavní výhodou optického senzoru, je odpadající problémy s možnou magnetickou

kompaktibilitou (tj., senzor využívá světlo a deformaci koleje a tudíž magnetické pole neovlivňuje výsedky měření). Navržený systém vyžaduje, aby při průjezdu či zastavení vlaku byl světelný paprsek uveden do provozu. V našem případě je měření spuštěno z dat klasického zabezpečovacího zařízení. Detekční zařízení (tj., převodník světla na napětí) je zapozdřeno a to proto, aby vnější podmínky nemohli ovlivnit jeho funkčnost.



Obr. 2: (a) Zavislost ztraty intenzity na ohybu vlakna pro tri ruzne zakladni vlnove delky laseru (He-Ne o vykonu ~10 mW) a (b) experimentální měření PLC Semantic a optického snímače na firmě Drážní revize s.r.o.

2. Výsledná konstrukce funkčního vzorku

Pro zapouzštění detektoru - převodníku jsme použili standartní plastové krabice, zatímco optické vlákno bylo ponecháno vnějším vlivům (viz Obr. 3). Krabice měla vnitřní přepážku kde v první části je (světelný zdroj - laser) a ve druhé je převodník světla na napětí). Měření byla potom prováděna na místě pomocí připojeného laptopu a převodníku. Systém je navržený tak, že převodník může být umístěný ve stávajících skříních pro UTZ a zde také napájen a signál pak pomocí Wi-Fi nebo bluetooth přenesen do řídicího střediska. Musím podotknout, že přenos do řídicího střediska není součástí tohoto funkčního vzorku). Optické vlákno je pak na kolejnici umístěno v místě možných největších pruhybů kolejnice, jak je znázorněno na Obr. 3 (tj. mezi pražce). Výsledky měření ukazují, že jejich využití závisí na zvoleném místě na trati a také na vlnové délce a výkonu laseru (viz Tabulka 1). Senzor je vhodný hlavně pro méně udržované tratě jako jsou např. lokální tratě nebo vlečky (tj. větší ohyb je možné detekovat).

Tabulka 1 Prognáání naměřených změn intenzity světla pro dvě různá místa na trati.

Parametry zdroje	Pozice na trati (viz Obr. 3)	Measurement conditions			
		Nezatížená	Vůz - prázdný	Vůz - naložený	Lokomotiva
532nm/4W	[a / b]	0.13/0.06	0.14/0.06	0.16/0.05	0.15/0.06



(a)



(b)

Obr. 3 Testování opto-mechanického snímače na železniční vlečce na dvou různých měřicích místech, kde (a) je trať v horší „technické kondici – větší pohyb tratě jde pozorovat“ než (b).

3. Závěr

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že jsme ověřili funkční možnosti funkčního vzorku „Opto-mechanický vláknový snímač“. Výsledkem byl senzor, který umožňuje detekovat průhyb kolejnice za pomoci světla. Daný senzor má využití i pro údržbu tratí a to, že jeho přesnost se zvyšuje s horší kvalitou tratě. Navíc senzor využívá světlo a tedy odpadají problémy s magnetoelctrickou kompatibilitou.