

Modulární počítač náprav 4.0
FW01010281

Funkční vzorek
Nanovláknový PVFD senzor deformace kolejnice
FW01010281-V3

Autoři:

David Říha

Pavel Tofel

Pavel Stachiv

Zdeněk Hadaš

V Brně dne 23.12.2022

Úvod

Na základě řešení projektu TAČR v rámci výzvy TREND 1 číslo FW01010281 s názvem Modulární počítač náprav 4.0 byl vyvinut funkční vzorek číslo FW01010281-V3 „Nanovláknový PVFD senzor deformace kolejnice“.

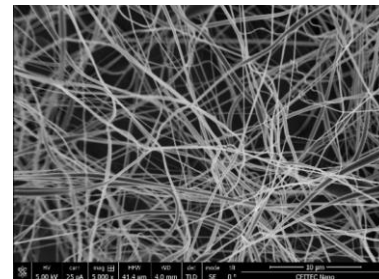
Tento výstup projektu se vyznačuje integrací piezoelektrické nanovláknové struktury na mechanickou konstrukci, která lze upevnit na stávající kolejnici. Struktura při projetí kol generuje aktivně elektrické pulsy napětí, upravené elektronickou částí, a tento signál je připojen na vyhodnocovací PLC, který jej převede na informaci o počtu projetých náprav.

1. Návrh funkčního vzorku

Návrh funkčního vzorku byl založen na dlouholetých zkušenostech pracovníků na VUT v Brně v oblasti monitorování železnic pomocí chytrých snímacích prvků. Tento technologicky velmi zajímavý funkční vzorek je řešený na základě použití nanovláken z piezoelektrického polymeru PVDF. Ač je obecně u PVDF materiálu využíváno spíše piezoelektrického jevu, tak v tomto řešení senzoru je dominantně využit triboelektrický jev mezi nanovlákný PVDF a kovovou membránou. Využívá se zde velikost plochy kontaktu kovové membrány s PVDF nanovlákný. Tato plocha se mění v závislosti na zátěži (průhybu kolejnice díky hmotnosti projíždějícího vlaku) a tento pohyb (průhyb kolejnice působící na kovovou membránu senzoru) generuje elektrický signál využitelný pro snímání. Výše zmíněný princip je tedy využitý při konstrukci tohoto funkčního vzorku senzoru. Materiál z PVDF nanovláken byl vyroben technikou elektrostatického zvlákňování, obr. 1.

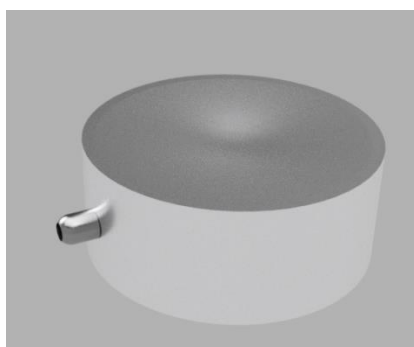


a)

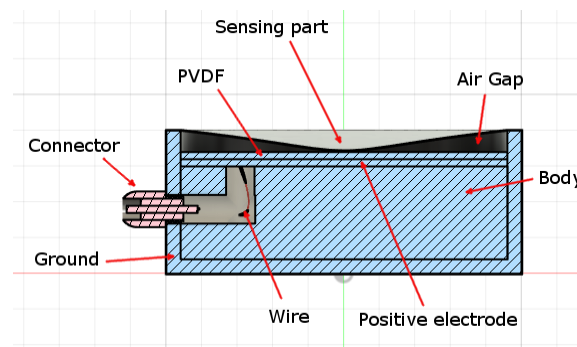


b)

Obr. 1 Nanovláknová PVFD struktura pro senzor a) makroskopický pohled na vlákna používaná při výrobě triboelektrických senzorů, b) obraz nanovláken PVDF ze SEM



a)

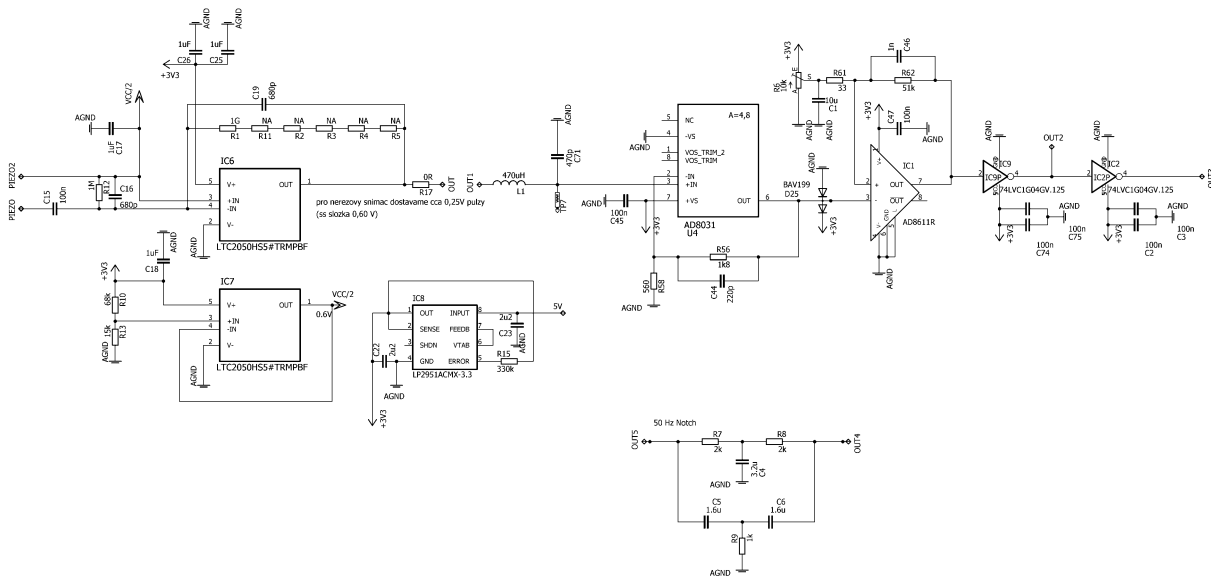


b)

Obr. 2 Návrh nanovláknového PVFD senzoru:

a) návrh zařízení s nanovlákný, b) princip integrovaných PVDF nanovláken v senzoru

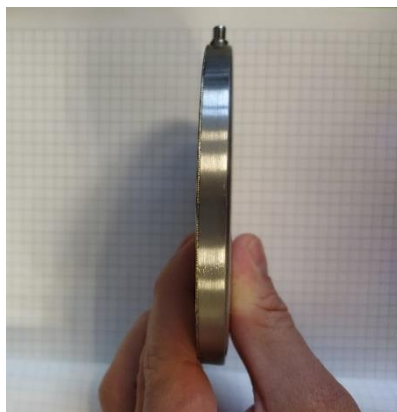
Integrace tohoto materiálu do vhodné konstrukce je zobrazena na obr. 2. Výstup nanovláčenného triboelektrického senzoru je připojena k elektronice zajišťující správnou funkci počítače náprav. Byla vyvinuta a sestavena elektronika k tomuto snímači, která převádí elektrický náboj generovaný senzorem na napěťový signál. Dále vyvinutý tvarovací obvod tento výstupní signál zpracuje a připraví pro vstup do PLC. Výstupní signál tvarovacího obvodu je 0 V a to v případě, že senzor nedetekuje pohyb, který je způsoben projíždějí nápravou. V případě průjezdu nápravy senzor generuje signál, který odpovídá detekci nápravy a výsledný výstupní signál nastaví na hodnotu na 3,3 V. Tato logika je využita pro připojení senzoru na PLC a počet pulsů odpovídá počtu projetých náprav. Návrh elektrického schématu zesilovače a tvarovacího obvodu pro nanovláčenný senzor je zobrazena na obr. 3.



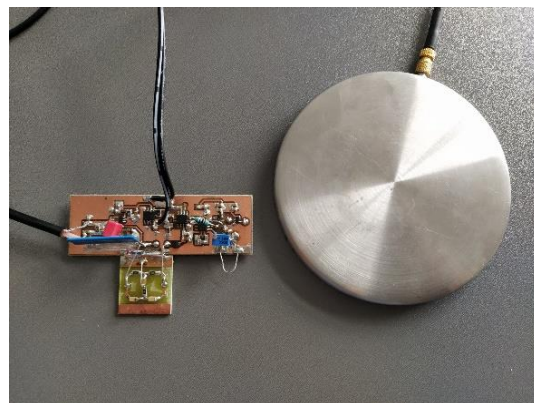
Obr. 3 Elektronické schéma nábojového zesilovače s tvarovacím obvodem.

2. Výsledná konstrukce funkčního vzorku

Obrázek 4 a) zobrazuje samotnou finální konstrukci senzoru v nereзовém pouzdru. Obrázek 4 b) ukazuje celý triboelektrický senzor tvořený z PVDF nanovláčen spolu s obslužnou elektronikou obsahující nábojový zesilovač a tvarovací obvod. Napěťový výstup ze senzoru a obslužné elektroniky je zobrazena na obr. 5.

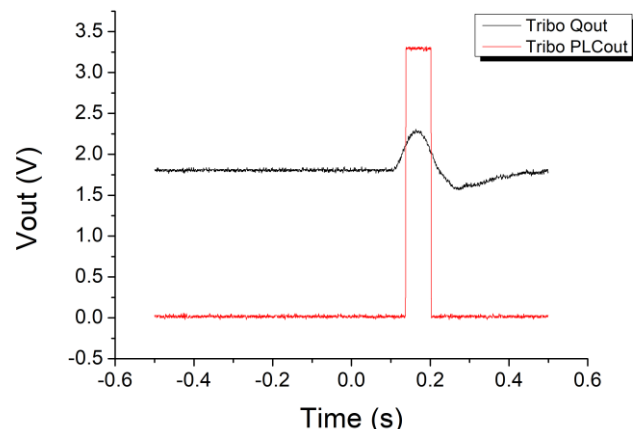


a)



b)

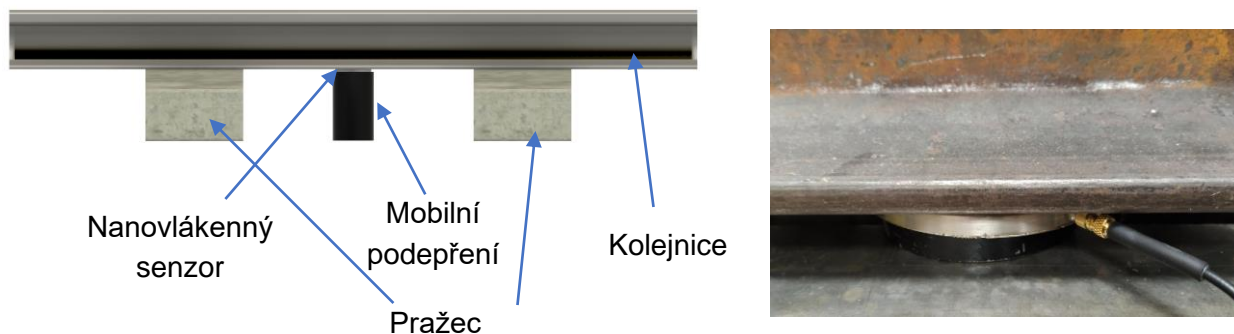
Obr. 4 Nanovláčenný PVDF senzor PVDF a) finální senzor, b) senzor a vytvořená elektronika



Obr. 5 Nanovláknový senzor při detekci průjezdu simulované nápravy vlaku v čase. Černá barva ukazuje měřený výstupní signál ze senzoru vstupujícího do nábojového zesilovače, zatímco červená barva je výstupní signál z tvarovacího obvodu pro PLC. Aplikovaná výchylka byla 0.8 mm.

3. Závěr

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že ověření vlastností funkčního vzorku „Nanovláknový PVFD senzor deformace kolejniče“ bylo úspěšné a výsledkem je sensorický systém, který umožňuje detekovat deformaci kolejniče pod projíždějící nápravou a díky funkci elektroniky vytvořit logický puls pro řídicí PLC, ve kterém proběhne čtení náprav. Výsledný funkční vzorek s požadovanými vlastnostmi představuje mobilní, levné a spolehlivé řešení detektoru projeté nápravy v kolejišti v rámci projektu Modulární počítač náprav 4.0 FW01010281. Předpokládané umístění nanovláknového PVFD senzoru deformace kolejniče je mezi pražce, jak je znázorněné na obr. 6, včetně fotografie z testu na kolejnici.



Obr. 6 Popis instalace senzorky mezi pražce