

Vyšíváný teplotní senzor

Jan Kalčík, Radek Soukup
Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
kalcikj@ket.zcu.cz

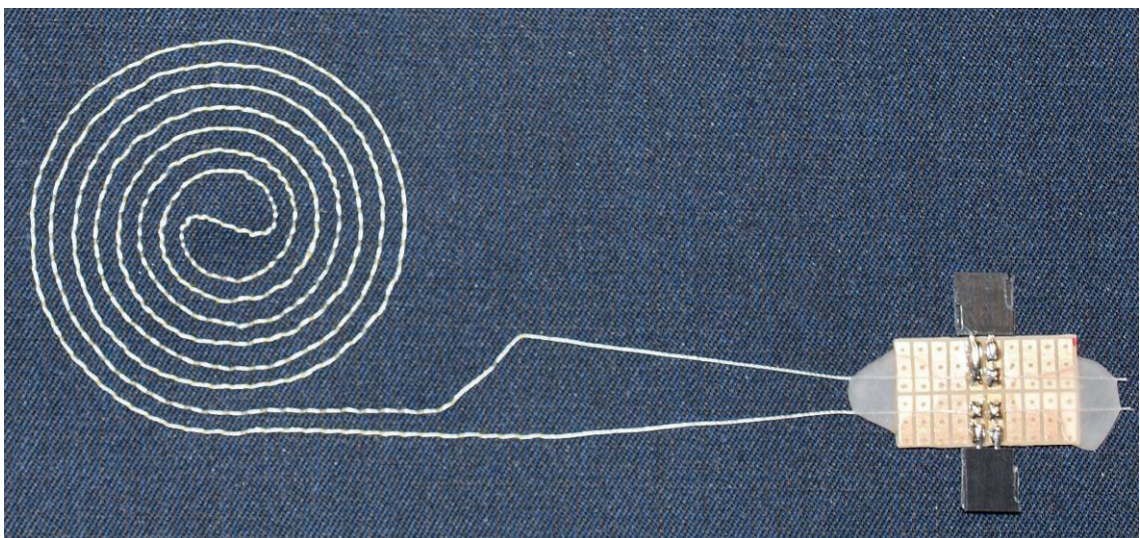
Embroidered Temperature Sensor

Abstract – This paper deals with an embroidered temperature sensor, which is based on hybrid resistive thread. The response of embroidered temperature sensors to rapid temperature changes between $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ was studied and compared with standardized platinum resistance temperature sensors Pt1000 Class A. The embroidered temperature sensor showed three times faster response to rapid temperature changes than Pt1000 sensor. The embroidered sensor performed well during testing and it is suitable for implementation in target applications.

Keywords – Embroidered sensor; Smart textiles; Temperature sensor; Thermal shock test

Oblast smart textilií se v posledních letech dramaticky rozvíjí a má velký potenciál pozitivně ovlivňovat náš každodenní život. Podmnožinou smart textilií jsou tzv. E-textilie, jenž spočívají v integraci elektronických funkčních bloků do textilií nebo oděvů, které tak mohou snímat různé podněty a reagovat na ně [1].

Řešený vyšíváný teplotní senzor nalezne uplatnění například při snímání teploty vyhřívacích textilií nebo při monitorování teploty v různých vrstvách hasičských obleků. V kombinaci s vyhodnocovacími obvody je možné nejen sledovat průběh teplot ve vrstvách obleku, ale i predikovat čas jaký může hasič strávit v místě požáru během zásahu, aby u něj nedošlo k popálení či přehřátí.



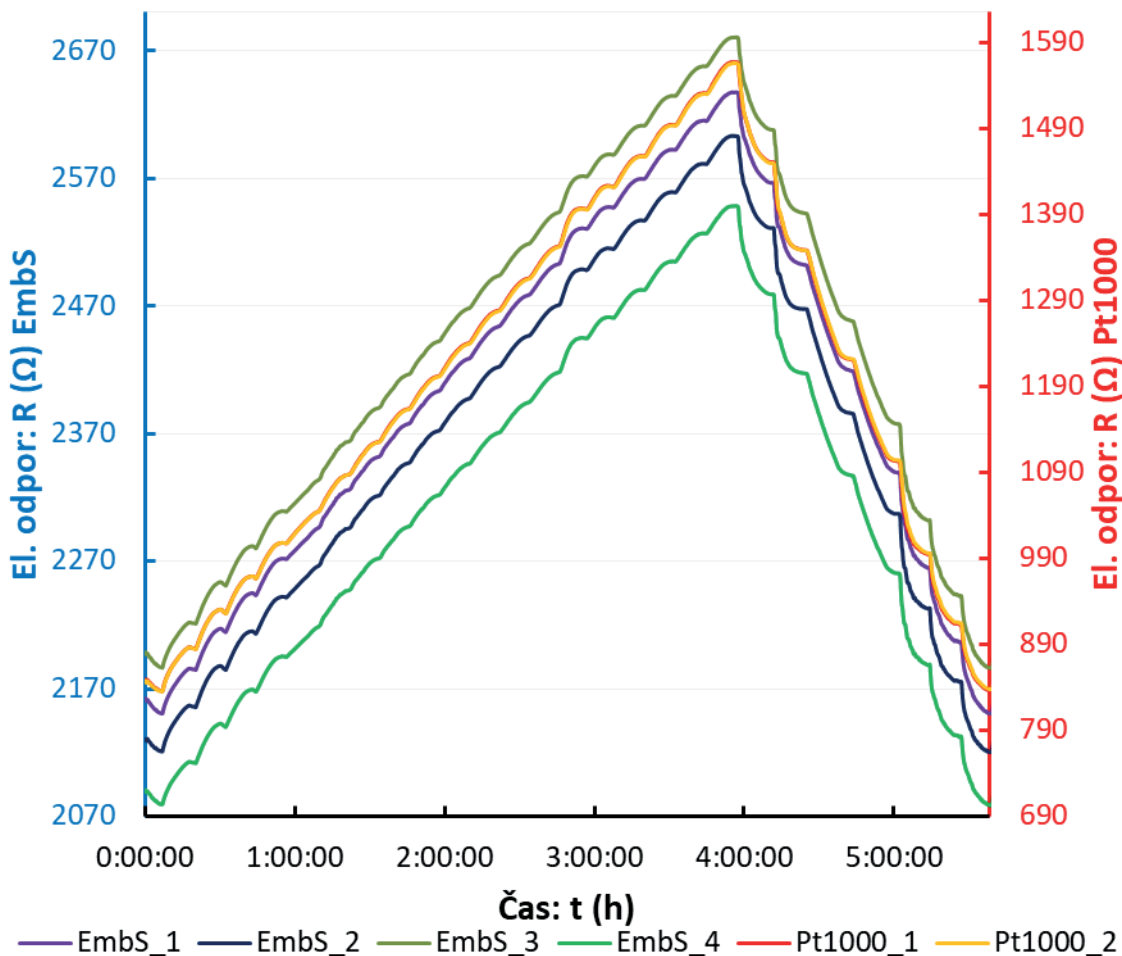
Obrázek I. Nakontaktovaný vyšíváný teplotní senzor

Textilní vyšívací senzor byl vyvíjen z důvodu jeho snazší integrovatelnosti do textilií oproti konvenčním sensorům. Obecně u smart textilií platí, že integrované elektronické funkční bloky nesmí ovlivnit praktické vlastnosti samotných textilií, jako jsou flexibilita, transparentnost, odolnost vůči pracím cyklům a podobně. Vyšívací senzor kromě těchto vlastností má i další výhody: dokáže snímat teplotu z relativně velké plochy, není žádným způsobem enkapsulován a díky tomu má minimální tepelnou setrvačnost.

I. VYŠÍVANÝ TEPLOTNÍ SENZOR A VÝROBA

Textilní teplotní senzory byly vyšity z hybridní odporové nitě značené 7A. Nit' je složena ze tří pramenů polyesterových (PES) multifilamentních vláken a jednoho mikrodrátku z austenitické chrom-niklové oceli o průměru 20 μm . Senzory byly vyšity na poloprofesionálním šicím a vyšívacím stroji Bernina B 750, který mimo běžné funkce šicích strojů zvládá například vyšívat motiv předem určený grafickou předlohou ve vektorovém formátu. Sensorový meandr byl realizován ve tvaru bifilární spirály, čímž bylo dosaženo minimálního namáhání odporové nitě vlivem jejích ohybů při náhlých změnách směru v průběhu vyšívání. Sensorový meandr byl ukončen z obou stran nezapořítou volně ležící nití. Tato nit byla laboratorně nakontaktována elektricky spolehlivým způsobem na přípravku z desky plošného spoje (DPS) pomocí vrstvy SnPb pájky. Výsledné řešení je zobrazeno na obr. I.

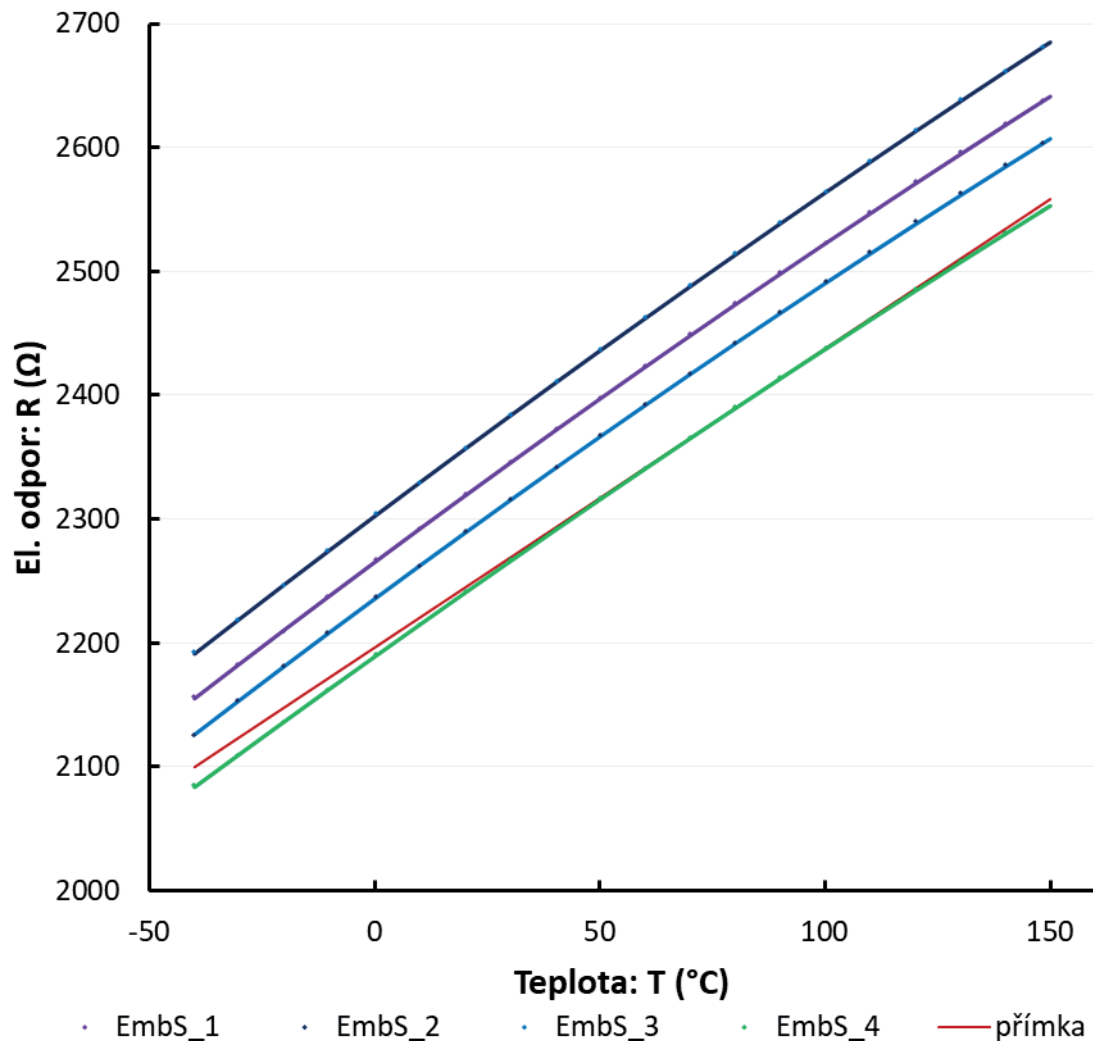
II. KALIBRACE VYŠÍVANÝCH TEPLOTNÍCH SENZORŮ



Obrázek II. Schodovitý průběh teploty pro kalibraci senzorů

Vyšívané teplotní senzory byly kalibrovány za pomoci platinových komerčních senzorů Pt1000 třídy A od společnosti Tesla Blatná, které byly použity jako normálové senzory. Kalibrace byla provedena v klimatické komoře Vötsch VCV 7060-5 se schodovitým profilem nárůstu a poklesu teplot v rozsahu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ viz obr. II. Schodovitý profil byl zvolen pro ustálení teplot senzorů v aproximačních bodech kalibrační křivky vzhledem k rozdílné tepelné setrvačnosti jednotlivých senzorů.

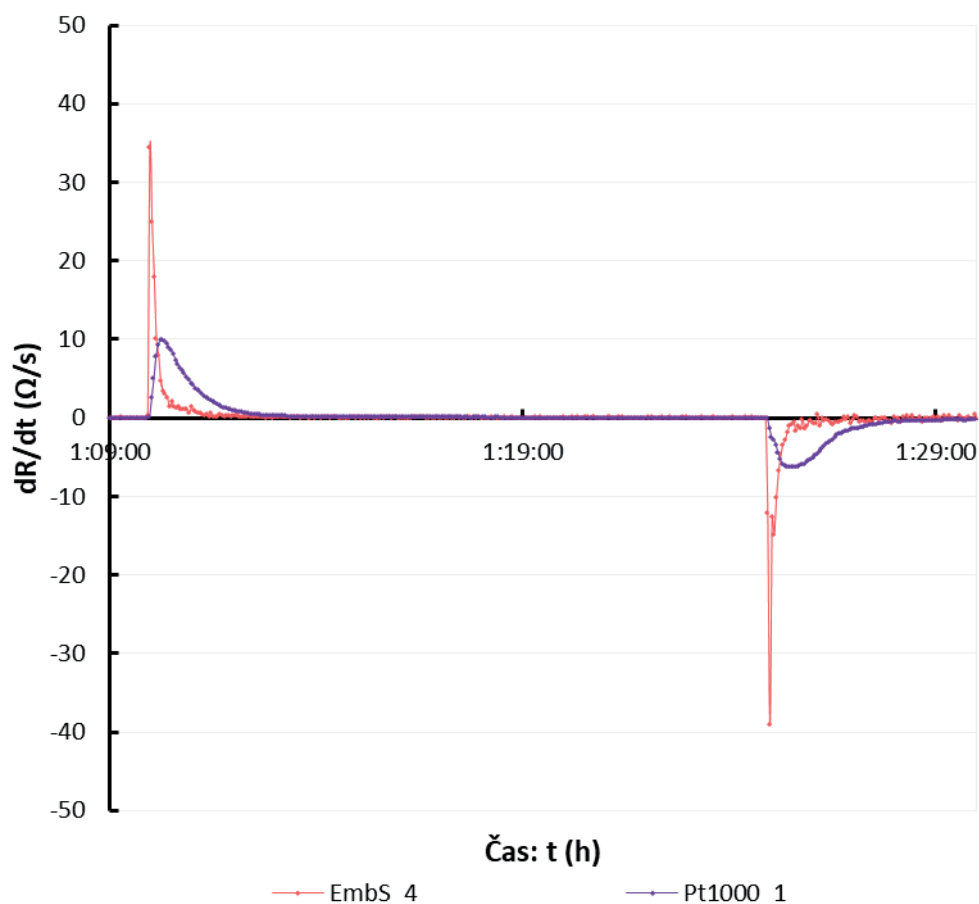
Kalibrační křivka znázorněná na obr. III vykazuje v teplotním rozsahu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ lineární charakter, což v daných aplikacích povede k nižším výpočetním nárokům vyhodnocovací jednotky.



Obrázek III. Kalibrační křivka vyšívacích teplotních senzorů

III. MĚŘENÍ REAKCE SENZORU NA SKOKOVOU ZMĚNU TEPLoty

Vyšívané teplotní senzory byly testovány z hlediska dlouhodobé teplotní stability a měřením reakce senzoru na skokovou změnu teploty, čímž byla definována dynamika teplotních senzorů. Měření bylo provedeno v šokové testovací komoře Vötsch VT3 7012 S2, která disponuje dvěma tepelnými zónami ve vertikálním postavení. Zóny byly nastaveny na teploty $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mezi zónami přejížděl koš obsahující měřené vzorky. Doba přejezdu byla do deseti sekund, doba ustálení v každé tepelné zóně byla patnáct minut. V měřicím koši byly umístěny vyšívané teplotní senzory a pro porovnání komerčními platinové senzory Pt100 třídy A společnosti Tesla Blatná.



Obrázek IV. Detail grafu závislosti časové derivace elektrického odporu testovaných senzorů na čase v průběhu teplotního cyklování

IV. ZÁVĚR

Elektrický odpor čtyř testovaných vyšívaných sensorových elementů při teplotě 40 °C byl v rozmezí hodnot 2275 Ω až 2425 Ω, teplotní koeficient odporu (TKR) byl v rozmezí 1025 ppm/°C až 1054 ppm/°C a citlivost senzorů K_{RTD} je v rozmezí 2,4 Ω/°C až 2,5 Ω/°C. Z výsledků měření uvedených na obr. IV je patrné, že vyšívaný teplotní senzor má v porovnání s komerčním platinovým senzorem více než trojnásobně vyšší dynamiku senzoru díky jeho nízké tepelné setrvačnosti. Senzor rovněž prošel úspěšně testy dlouhodobé teplotní stability se změnou TKR o 70 ppm/°C. V další výzkumných pracích bude testována odolnost v pracích cyklech a bude řešen způsob spolehlivého elektrického kontaktu senzoru, který bude vhodný pro hromadnou výrobu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005 a projektu SGS-2018-001: Výzkum a vývoj elektronických a komunikačních systémů ve vědeckých a inženýrských aplikacích.

LITERATURA

- [1] POLANSKÝ, R., R. SOUKUP, J. ŘEBOUN, J. KALČÍK, et al. A novel large-area embroidered temperature sensor based on an innovative hybrid resistive thread. *Sensors and Actuators A: Physical* [online]. 2017, 265, 111-119 [cit. 2018-09-25]. DOI: 10.1016/j.sna.2017.08.030. ISSN 09244247. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924424717302984>