

# Optimalizace technologického procesu vyšívání elektronických prvků pro chytré textilie

Stanislav Suchý, Radek Soukup

Katedra technologií a měření

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

suchys@gapps.zcu.cz

## Optimization of the Embroidery Technological Process of Electronic Components for Smart Textiles

**Abstract** – This paper deals with an optimization of the embroidery process for realization of textile based electronic components for smart textile applications. During the testing, the most of the attention was paid to the parameters that influence the conductivity of embroidered paths with different type of motives. These parameters include the shape of the embroidered paths, type of conductive thread, the length of the used stitch and the used textile substrate.

**Keywords** – Embroidery; Embroidery technology optimization; Hybrid conductive threads; Smart textiles; Woven fabric






### I. ÚVOD

Předkládaný článek je zaměřen na optimalizaci technologie vyšívání v odvětví smart textilií. Jelikož se jedná o relativně nové odvětví, je v současné době velký zájem o vývoj a výzkum nových materiálů a hledání nových technologií, které jsou s touto problematikou spjaty. Za účelem zjištění elektrických vlastností byly vybrány materiály, které se na Západočeské univerzitě vyvíjejí a je tedy nutné je řádně otestovat.

### II. POPIS POUŽITÝCH MATERIÁLŮ, NÁVRH A REALIZACE VYŠÍVANÝCH MOTIVŮ

Při návrhu vyšívání motivů byl kladen důraz na otestování závislosti tvaru motivu na jeho výsledný odpor. Z tohoto důvodu bylo zvoleno 5 tvarem odlišných motivů (tab. I.). Všechny motivy, které měly stejnou délku, byly vyšity kombinacemi zmíněných materiálů uvedených v tab. II. a tab. III. a jejich odpor následně proměřen pomocí čtyřvodičové metody, která je vhodná k měření velmi malých odporů. Celkově bylo vyšito a otestováno 1080 vzorků zvolených motivů, což znamenalo vyšítí 108 sdružených testovacích vzorků (pro každý sdružený vzorek bylo vyšito najednou v průměru 10 testovacích vzorků – viz Obr. 1).

TABULKA I. TVARY A OZNAČENÍ TESTOVANÝCH MOTIVŮ

Označení motivu	Tvar motivu
Obdélník (obd)	
Obdélník se zkosenými hranami (obd_hr)	
Úsečka (ús)	
Vlnka 5 (5 vlnek o poloměru 22,3 mm) (vln5)	
Vlnka 10 (10 vlnek o poloměru 11,15 mm) (vln10)	

TABULKA II. POUŽITÉ TEXTILNÍ SUBSTRÁTY

Označení substrátu	Vazba	Složení materiálu	Gramáž [g/m <sup>2</sup> ]
substrát A	kepr	100 % bavlna,	130
substrát B	kepr	100 % bavlna	155
substrát C	plátno	Nomex III/Para-aramid	180

TABULKA III. POUŽITÉ VODIVÉ NITĚ

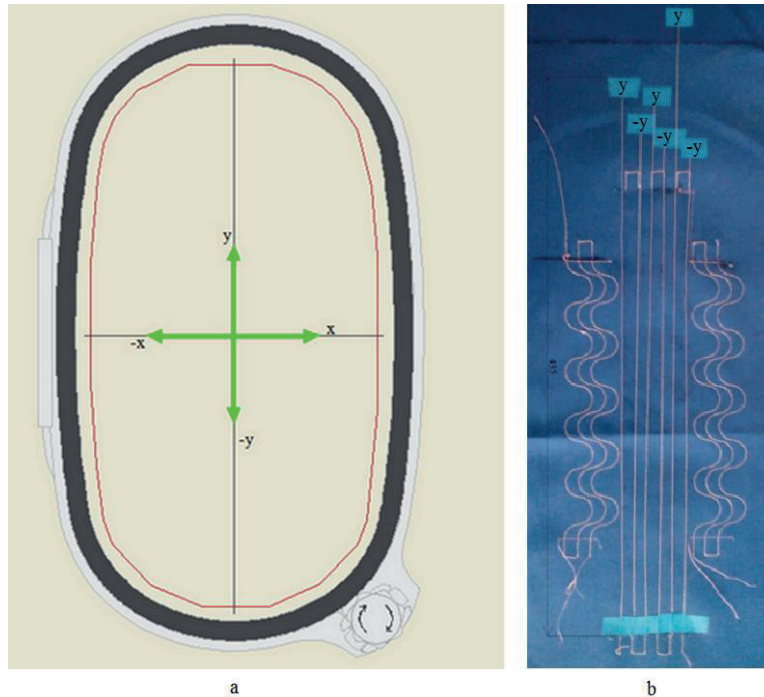
Označení nitě	Jemnost niti [Tex]	Počet vodivých vláken	Materiál vodivých vláken	R [Ω] na 1 m délky	Reálně naměřený R [Ω] na 1 m délky
25A	72	8x30μm	Mosaz	8,9	8,7
7A	38	1x20μm	Nerezová ocel	2420,2	2754,1
53	50	8x27μm	Měď ovrstvená stříbrem	6,5	6,2

### III. POPIS METODY A VYHODNOCOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

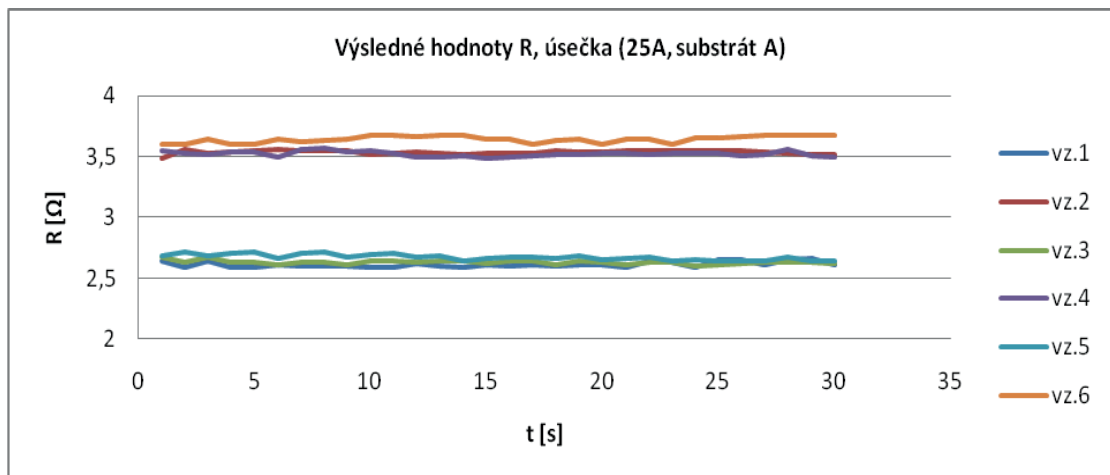
Při volbě vyhodnocování výsledků byla věnována pozornost odlišným vlastnostem jednotlivých nití. Zejména je důležité upozornit na skutečnost, že hybridní šicí nit s označením 7A obsahuje ve své struktuře pouze jeden mikrodrátek oproti dvěma ostatním nitím 25A a 53, které obsahují 8 mikrodrátků. Z tohoto důvodu bylo vyhodnocování rozděleno do dvou samostatných částí. V první části byly porovnávány vlastnosti nití 25A a 53, kde se daly předpokládat podobné výsledky. Druhá část byla věnována niti 7A, u které bylo největším problémem dosažení stabilního kontaktu s měřicími sondami.

## IV. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NITÍ 25A A 53

Na výsledky měření nití 25A a 53 bylo nahlíženo hned z několika úhlů pohledu (různá délka stehu, rozdílný textilní materiál, odlišný směr vyšívání, volba vodivé niti). Ze všech vyjmenovaných proměnných parametrů se ukázal být jedním z nejpodstatnějších směr vyšívatí motivu (obr I. a).



Obrázek I. Znázornění směru vyšívání



Obrázek II. Naměření hodnoty R motivu úsečka

Nejpatrnější rozdíly byly zjištěny při vyšívání motivu úsečka (obr. II.). Při vyšívání tohoto motivu se rámeček vyšivacího stroje pohyboval pouze ve směru y nebo -y. Pro vysvětlení naměřených vyšších hodnot odporů v případě vzorků vyšívaných směrem y lze uvažovat dvě možnosti. Prvním možným vysvětlením bylo, že mohlo docházet k velkému napínání niti při průchodu napínacími kladkami ve vyšivacím stroji, nit byla silně namáhaná na tah a mohlo dojít k poškození (přetržení) vodivých drátků v její struktuře. Druhým zdůvodněním mohlo být, že díky rozdílnému napětí niti oproti šití ve směru -y, docházelo pravděpodobně i k vyšší spotřebě niti, ačkoliv byla softwarově trajektorie motivu navržena stejně (v návrhovém SW měla stejnou délku

v obou směrech). Pro ověření této teorie bylo vypáráno 6 vzorků motivu úsečka, aby bylo možné změřit délku reálně spotřebované nitě (obr. I.b). Vypárání ukázalo na fakt, že se při vyšívání směrem y reálně opravdu spotřebovalo více niti, než v případě vyšívání opačným směrem.

## V. VÝSLEDKY MĚŘENÍ NITI 7A

Jak již bylo zmíněno, největším problémem v případě hybridní niti 7A bylo docílení stabilního kontaktu s měřicími sondami, jelikož při jejich přiložení docházelo k pouhému stlačení nevodivé složky, která je tvořena multifilamentními PES vlákny. Nit byla za účelem zvýšení pravděpodobnosti kontaktu opatřena přídatnými vodivými materiály (měděná lepicí páska, různé druhy vodivých lepidel). Ani jedním ze zmíněných způsobů se bohužel nepodařilo zajistit stabilní kontakt. Dalším provedeným testem bylo odstranění nevodivé složky ze struktury niti za pomoci roztavené pájky, avšak při tlušťce vodivého mikrodrátku 20  $\mu\text{m}$  docházelo i k jeho poškození. Kontaktu bylo dosaženo pouze při pokrytí zbylého mikrodrátku stříbrným lepidlem. Tento postup byl následně zamítnut z důvodu velké pravděpodobnosti přetržení mikrodrátku v místě narušení struktury niti při další manipulaci s vyšitým motivem. Proto bylo k problematice přistoupeno odlišným způsobem a v dalších testech byly využívány přídatné materiály, které využívaly nasákavosti nevodivé složky ve struktuře niti. Pro tento účel byl použit vodivý inkoust na bázi nanočástic stříbra, který byl po nanesení na motiv vytvrzen v laboratorní peci. Díky tomuto inkoustu se povedlo získat stabilní kontakt. Vzorky vyšité stejnou kombinací materiálů však vykazovaly velký rozptyl hodnot výsledných odporů.

## VI. ZÁVĚR

Z výsledků měření vyplývá, že by bylo výhodné mít vyšívací stroje, které by disponovaly otočným vyšívacím rámečkem. Na současném trhu se vyšívací stroje s touto možností nevyskytují zejména z důvodu, že žádný z nich není primárně určen k vyšívání vodivými nitěmi. U klasického vyšívání nevodivými nitěmi nejsou požadavky na výslednou výšivku tak velké, jako v případě smart textilií. Výsledky našeho testování poukazují na možný další směr výzkumu, který by se zaměřil na řešení speciálních vyšívacích strojů pro práci s vodivými nitěmi. V případě niti 7A by bylo vhodné zaměřit se na vodivé materiály, které využívají nasákavosti nevodivé složky struktury niti se snahou o snížení rozptylu hodnot výsledného odporu vyšitých vzorků motivu.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005, dále projektu SGS-2018-001: Výzkum a vývoj elektronických a komunikačních systémů ve vědeckých a inženýrských aplikacích a projektu SeniorTex - FV10111 řešeného v rámci programu TRIO.

## LITERATURA

- [1] R. H. Gong, *Specialist Yarn and Fabric Structures: Developments and Applications*. Elsevier, 2011.
- [2] „Conductor materials“, Elektrisola. [Online]. Dostupné z: <http://www.elektrisola.com/conductor-materials.html> [Viděno: 10.9.2018].