

Testování senzorů natažení integrované v kompresních ponožkách

Jan Skřivan, Tomáš Blecha

Katedra technologií a měření

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

jskrivan@ket.zcu.cz

Testing of stretch sensors integrated in compression socks

Abstract – The work is focused on the development of textiles with implemented electronic elements and sensors (hereinafter referred to as smart textiles) intended for long-term monitoring of patients with lower limb edema. This paper presents socks with integrated sensors that allow the lower limbs edema monitoring based on the tensometric effect. These sensors were created by conductive yarns knitted into textile. On these specially designed socks was researched the tensometric effect that arose from the tensioning of the sock. Several samples were examined, which used different conductive yarn materials.

Keywords – Edema; Sensor; Tensometric; Textile;

I. ÚVOD

Většina starších lidí trpí problémy s otoky, které obvykle postihují oblast dolních končetin. Tento problém podstatně omezuje základní činnosti každodenního života, nemluvě o bolestech, kterými si musí pacient projít. Problém s běžně používanými metodami spočívá v tom, že neexistuje žádná zpětná vazba týkající se hodnoty komprese na postižených oblastech edému pacienta. Jinými slovy, nejsou shromážděny žádné údaje, které by pomohly lépe porozumět problému, a tím i vylepšit zdravotní péči. Edém dolních končetin je častým problémem v klinické praxi. Edém je výsledkem nerovnováhy ve filtraci mezi kapilárními a intersticiálními prostory (Starlingův princip). Edém je rozdělen na dvě hlavní skupiny: edém z obecných a lokálních příčin. Například obecně k edému mohou být zahrnuti kardinální, renální, jaterní, iatrogenní, hormonální, hypokalcemické, hypoproteinemické příčiny a k místnímu otoku mohou být zahrnuti lymfatické, žilní, lipoedémové příčiny. [1] [2]

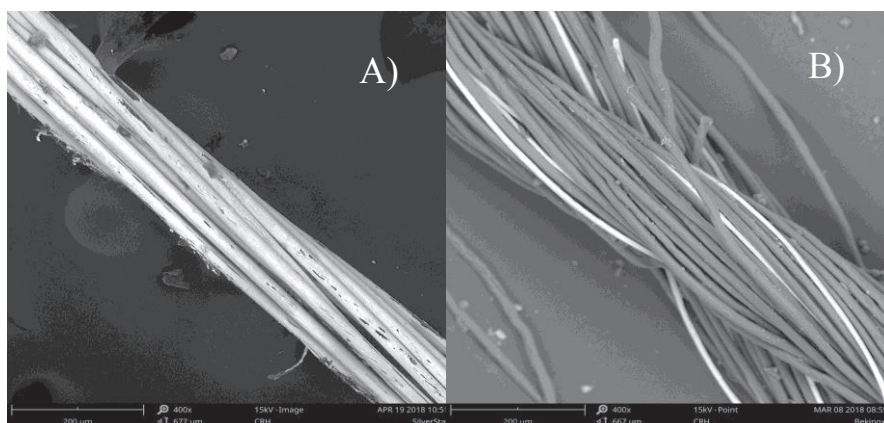
V problematice sledování otoků se nabízí využít chytré textilie. Cílem je integrovat vhodné senzory přímo do ponožek, které nebudou v průběhu každodenních činností narušovat nebo ohrožovat pacienta. To znamená, že tyto speciální kompresní ponožky mohou být použity pro dlouhodobé sledování pacienta. Jako senzory lze v ponožkách využít hybridní vodivé nitě. Při otoku dochází k rozměrovým změnám a tedy zároveň ke změnám parametrů ponožky (vytahování nebo tažení), což se projeví na změně elektrických parametrů integrované vodivé nitě. Etiologie otoku musí vždy být určena diferenciatní diagnostikou.

Měření edému nejčastěji probíhá za pomoci měřicí pásky po obvodu končetiny. Při neinvazivním onemocnění ledvin se používá metoda BCM (monitor tělesné kompozice). Měření objemu nohou se nechá provést pomocí různých druhů

plethysmografií, jako jsou tenzometrická a pneumatické měření, ale nikdy se neměří absolutní hodnoty. V plethysmografii je měření objemu nohou na několika místech podél nohy časově náročné a těžkopádné, i když se získá absolutní hodnota objemu nohy. Lepší, objektivní, ale velice drahá je trojrozměrná měřicí metoda [1] pro hodnocení ze čtyř směrů. Tato metoda je spolehlivá a užitečná pro vyhodnocení edému na noze, lýtku a kotníku. [1-3]

II. NÁVRH A REALIZACE

Vzhledem k tomu, že vodivé nitě v ponožkách by měly měnit elektrický odpor v závislosti na natažení, je třeba pro ně použít speciální konstrukci. V současné době komerčně dostupné vodivé nitě nemění elektrický odpor při natažení, a pokud ano, tak změna odporu je pouze zanedbatelná. Důvodem je rozdílná konstrukce použitých vodivých nití. Silver.STAT je jedním z nejběžnějších komerčně dostupných vodivých nití. Struktura těchto vláken je založena na obyčejných nitích PES (polyesteru), která je postříbřená. Tato konkrétní konstrukce má v případě vodivosti vynikající elektrické parametry, bohužel při mechanickém namáhání dochází k odlupování stříbrných destiček (obr. IA). [4-6] Elektrický odpor se mění vlivem natažení pouze nepatrně.



Obrázek I. Detailní obrázek A) Stříbrná STAT vlákno B) Bekinox vlákno

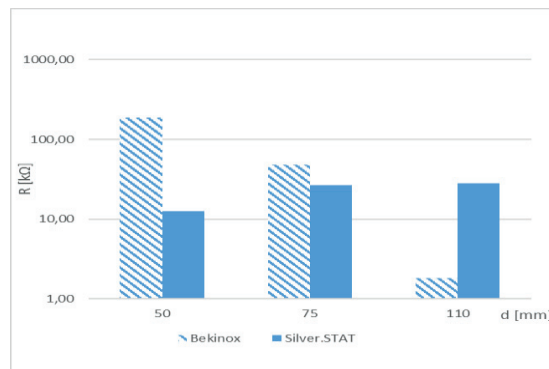
Pro tuto aplikaci byla vyvinuta nová textilní vlákna, která se nazývají hybridní vodivé vlákna. Tato technologie používá normální vlákna z běžných textilií, jako je bavlna, polyester atd., které jsou dohromady setkány s různým počtem stříbrných mikrodrátků o průměru několik desítek mikrometrů a délce 2 cm (obr. IB). Když se celé vlákno natáhne, tyto vodivé mikrodrátky se přiblíží k sobě a elektrický odpor celé nitě začne klesat. Nítě jsou vyrobeny z 20% Bekinoxu a 80% polyesterové příze (72 dtex / f25 + Lycra (7%)). Elektrický odpor se mění v rozsahu desítek k Ω až jednotek Ω závislosti na natažení nitě.

III. EXPERIMENT A NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

K určení toho, která sensorová nit je nejlepší pro monitorování úrovně otoků, bylo nutné měřit změnu chování elektrického odporu. Byly provedeny dva experimenty, závislost rezistivity na natažení a závislost rezistivity na teplotě. Ponožky byly natahovány na válce o průměrech 50 mm, 75 mm a 110 mm. Válec o rozměrech 50 mm sloužil pouze jako výchozí bod pro měření. Oba experimenty byly měřeny 4-bodovou metodou. Měření bylo provedeno na minimálně třech vzorcích ponožek a na každé ponožce byly měřeny tři senzory natažení. Během měření byla sledována změna stejnosměrného elektrického odporu a změna impedance. Impedance byla měřena při 200 kHz a 1V.

A. Závislost elektrického odporu na natažení

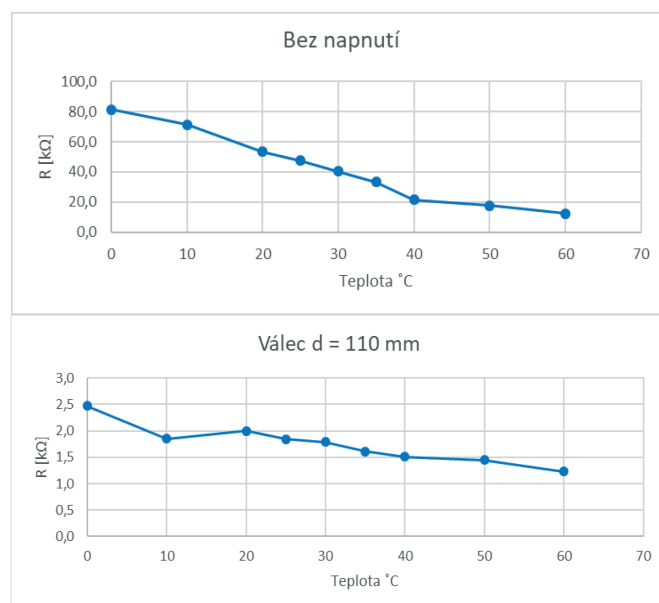
Byly testovány dva možné senzory. Hybridní vlákno z vlákna Bekinox ukázalo lepší výsledek než Silver.STAT, jak je ukázáno na obr. III. Důvodem je rozdílná konstrukce obou nití. Hybridní vlákno Bekinox snižuje odpor v senzorech při jejich natažení mnohem výrazněji než Silver.STAT vlákno, které mělo naopak tendenci zvyšovat svůj elektrický odpor vlivem natažení. Elektrický odpor senzorů na bázi vlákna Bekinox v základní pozici (bez natažení) se pohyboval mezi 150-250 k Ω , ale při napnutí na válec o průměru 70 mm se snížil až na 50 k Ω a při napnutí na 110 mm válec se odpor snížil na hodnotu 1-3 k Ω . Vlákno Silver.STAT mělo elektrický odpor přibližně 10 k Ω v základní poloze a přibližně 30 k Ω , při natažení na válec o velikosti 110 mm. Proto jsou pro monitorování otoků senzory natažení na bázi nitě Bekinox, protože rozdíly ve změně elektrického odporu jsou výraznější.



Obrázek II. Srovnání Bekinox a Silver.STAT při natahování

B. Závislost elektrického odporu na teplotě

Teplotní závislost byla měřena, aby se zjistilo, zda existuje vliv teploty na měřený elektrický odpor během natahování použitých vodivých nití. Měření bylo provedeno v rozsahu od 0 do 60 °C. Jak je patrné na obr. IV., odpor s teplotou klesá. V teplotním rozsahu 20 až 40 °C, kdy budou ponožky se senzory natažení nejčastěji využívány, není změna elektrického odporu příliš výrazná, aby docházelo k chybnému vyhodnocení při jednotlivých úrovních natažení. Z naměřených hodnot je také zřejmé, že čím více je sensor natažený, tím dochází k menší změně elektrického odporu vlivem teploty.



Obrázek III. Závislost Bekinox na teplotě bez a při napnutí

IV. ZÁVĚR

Tato práce představuje integraci různých vodivých nití do kompresních ponožek, která fungují jako tenzometrický senzor pro měření a monitorování pacientů s edémem. Byly testovány dva typy vodivých přízí, které byly integrované v kompresních ponožkách. Prvním typem byl Bekinox, který je vyroben z 20% Bekinox a 80% polyesterové příze. Druhým typem byl SilveR.STAT, který byl vyroben ze 110 dtex / f24 postříbřené nitě. Nevodivé části ponožky byly tvořeny 32 řádky z nevodivého polypropylenu 72 dtex / f25 + Lycra 7%. Ponožky byly natahovány na válcích 50, 75 a 110 mm. Při natažení se elektrický odpor ponožky s Bekinoxem výrazně snižuje, zatímco u ponožek SilveR.STAT se elektrický odpor nepatrně zvyšuje. Proto jsou senzory na bázi příze Bekinox vhodnější pro monitorování otoků končetin. Závislost odporu na teplotě ukázala, že odpor je mírně teplotou ovlivňován, ale mezi skutečnými pracovními podmínkami 20 až 40 °C nedochází k výrazné změně elektrického odporu senzoru natažení. Uvedené technické řešení tak může napomoci při monitorování a léčbě otoků končetin a zlepšit tak zdravotní péči pacientů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ZČU č. SGS-2018-016 „Diagnostika a materiály v elektrotechnice. 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] Lit: Hirai M et al: Improvement of a three- dimensional measurement system for the evaluation of foot edema. *Skin Research and Technology* 2012;18, 120-124
- [2] EDITED BY L. VAN LANGENHOVE. *Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications*. Cambridge, England: Woodhead, 2007. ISBN 978-184-5690-274.
- [3] KONCAR, Vladan, ed. *Smart Textiles and Their Applications*. Woodhead Publishing, 2016. ISBN 9780081005743.
- [4] *Smart textiles*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017. ISBN 978-3-319-50123-9
- [5] *Medical Textile Materials*. Woodhead Publishing, 2015. ISBN 9780081006184.
- [6] LANGENHOVE, Lieva van. *Advances in smart medical textiles: treatments and health monitoring*. Waltham, MA: Elsevier, 2015. ISBN 978-178-2423-799.