

ANALIZA ŚCIEGÓW ŚCIĄGACZOWYCH JAKO CZUJNIKÓW RYTMU ODDECHOWEGO

Adam JAKUBAS¹, Ewa ŁADA-TONDYRA²

1. Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki
tel.: 34 3250892 e-mail: adam.jakubas@gmail.com
2. Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Katedra Elektrotechniki
tel.: 34 3250813 e-mail: e.lada-tondyra@el.pcz.czest.pl

Streszczenie: Rozwój tektroniki, czyli połączenia elementów elektronicznych z produktami tekstylnymi, pozwolił na pomiar rytmu oddechowego za pomocą czujników tekstylnych. Pomiar opiera się na zmianach odporności dzianiny wykonanej z przewodzących elektrycznie nici, zintegrowanych z ubraniem. Badania przedstawione w tym artykule zostały wykonane w celu wybrania optymalnego rodzaju ściegu stosowanego do dziania czujnika rytmu oddechowego. Badania przeprowadzono na próbkach wykonanych z różnych rodzajów ściegów. Pomiar rezystancji na poszczególnych próbkach przeprowadzono podczas ich cyklicznego wydłużania i kurczenia. Dokonano wyboru odpowiedniego ściegu dla zapewnienia stabilności i niezawodności pomiarów.

Słowa kluczowe: włókna elektroprzewodzące, pomiar rezystancji, pomiar rytmu oddechowego, czujniki tekstylne.

1. WSTĘP

Rozwój tektroniki pozwala na zintegrowanie wyspecjalizowanych czujników służących m.in. do pomiaru funkcji życiowych z odzieżą codziennego użytku. Zastosowanie czujników mierzących m.in. rytm oddechowy, puls, temperaturę pozwala na wczesne wykrycie anomalii prowadzących do dysfunkcji organizmu.

Czujniki tekstylne mierzące rytm oddechowy przedstawione w niniejszym artykule stanowią integralną część nowatorskiego systemu Babytex, służącego monitorowaniu życiowych funkcji małych dzieci, który jest rozwiązaniem kompleksowym, łączącym w sobie funkcjonalność odzieży dziecięcej z elementami elektroniki pomiarowej (rys.1).



Rys. 1. Uproszczony schemat systemu Babytex

System ten pozwala na bieżące śledzenie parametrów, określających stan zdrowia, takich jak: częstotliwość oddechu, temperatura, wilgotność, aktywność ruchową, położenie [1].

Bardzo istotnym parametrem w diagnostyce stanu zdrowia dzieci jest pomiar ich rytmu oddechowego. Zaburzenia oddychania mogą być powiązane z astmą oraz innymi chorobami układu oddechowego.

Monitoring rytmu oddechowego pozwoli na wczesne wykrycie zaburzeń oddechowych wywołanych przeziębieniem, astmą, zadławieniem lub bezdechem. Bezdech jest jedną z głównych przyczyn SIDS, czyli zespołu nagłej śmierci niemowląt [2]. Może nastąpić z różnych powodów, przede wszystkim wynika z niedojrzałości układu oddechowego, może pojawić się również podczas infekcji.

Aktualnie stosowane czujniki rytmu oddechowego w inteligentnych ubraniach oparte są na pomiarach oporu elektrycznego, efektu piezoelektrycznego lub z wykorzystaniem układów opartych na włóknach optycznych [3]. W pracy przeprowadzono badania właściwości elektromechanicznych czujników tekstylnych, służących do pomiaru rytmu oddechowego. Mechanizm działania czujnika oparty jest na zmianie oporu elektrycznego dzianiny pod wpływem jej deformacji w wyniku wydłużania. Przebadano 5 typów struktury ściegów w celu identyfikacji kluczowych czynników, takich jak czułość, powtarzalność i liniowość wskaźnika dzianiny.

2. BADANIA

2.1. Materiały

Przedmiotem badań były czujniki tekstylne służące pomiarom rytmu oddechowego. Czujniki zostały wykonane z nici elektroprzewodzącej, której parametry pokazane są w tabeli 1.

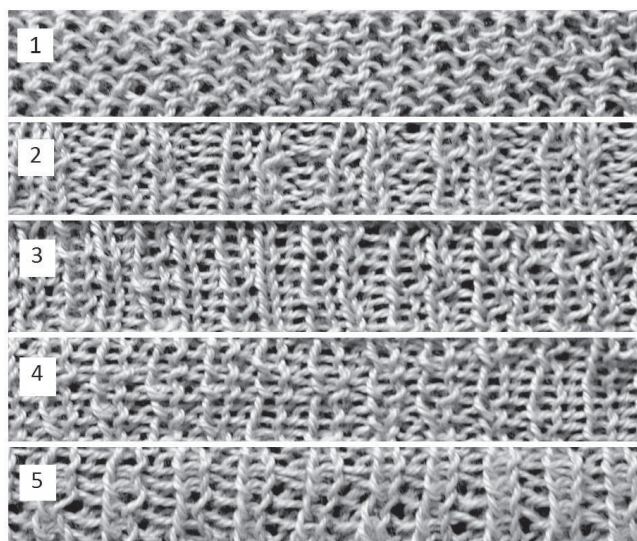
Tabela 1. Parametry nici przewodzącej [4]

Skład	Wytrzymałość na zrywanie	Wydłużenie przy zerwaniu	Rezystancja liniowa
80% Polyester ecru; 20% Stainless Steel 12 micron	8094 g	21.8 %	$< 10^4 \Omega/m$

Czujniki wykonane zostały w postaci dzianiny ściągaczowej przy użyciu 5 różnych ściegów (Rys.2).

Wybrano poniższe wzory ściegów ściągaczowych:

- ścieg 1, 1x1,
- ścieg 2, 2x2,
- ścieg 3, 2x1,
- ścieg 4, pojedynczy gęsty 1x1
- ścieg 5, pojedynczy luźny 1x1



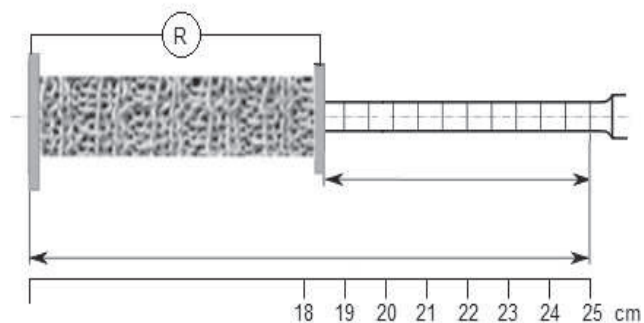
Rys. 2. Rodzaje ściegów używanych do wykonania czujnika

Wszystkie prezentowane wzory oparte są na prawym i lewym oczku, a sposoby wykonania poszczególnych ściegów można znaleźć w licznych publikacjach poświęconych dzianiu.

2.2. Pomiary i rezultaty

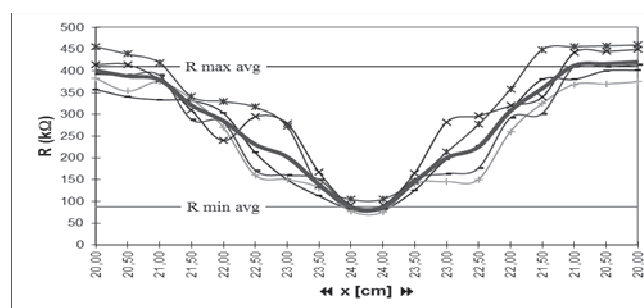
Wszystkie próbki wykonane są jako pasy składające się z 42 oczek w rzędzie i 12 oczek w kolumnie. Końce próbek umieszczono pomiędzy 2 przewodzącymi zaciskami i umieszczono w urządzeniu wydłużającym. Urządzenie było zbudowane z prowadnicy i sanek oraz układu napędowego. Umożliwiało wielokrotne wydłużanie i kurczenie próbki ze stałą prędkością. Do tak zmontowanego układu został podłączony multimetr pomiarowy sprzężony z komputerem PC. Początkowa długość próbek była różna i zależała od użytego ściegu ściągającego.

Każdy z typów pasów poddano wielokrotnemu wydłużaniu z siłą 0,5 niutona, według schematu przedstawionego na rysunku 3.

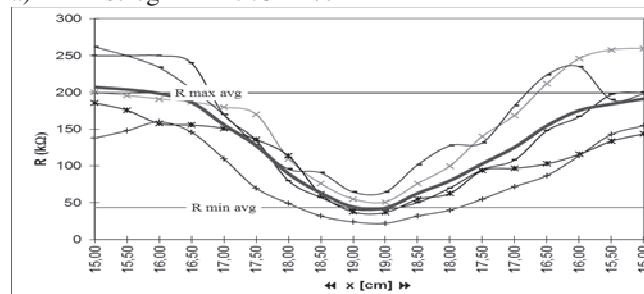


Rys. 3. Schemat metody pomiaru zależności rezystancji próbki do jej wydłużenia

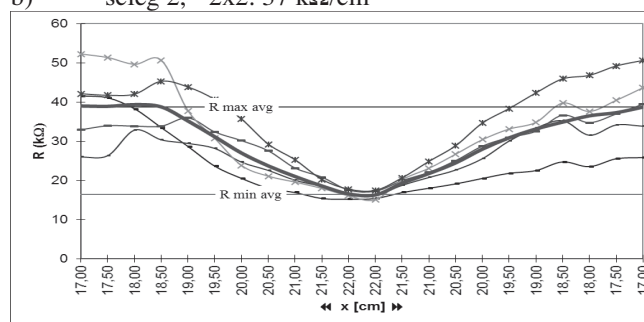
Celem pomiarów było znalezienie takiego ściegu, który przy niewielkiej zmianie wydłużenia będzie miał największą zmianę rezystancji, przy równoczesnym zachowaniu powtarzalności wyników w czasie kolejnych pomiarów. Na rysunku 4 przedstawiono pomiary zmiany rezystancji w pięciu cyklach pracy dla każdego typu czujnika.



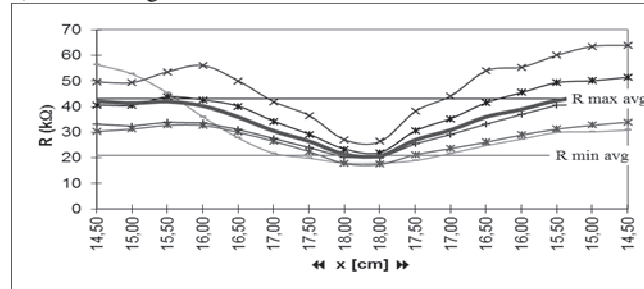
a) ścieg 1- 1x1. 75 kΩ/cm



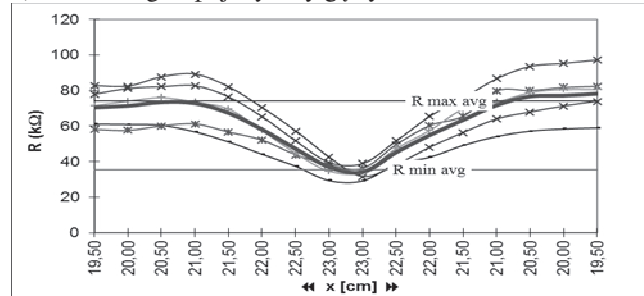
b) ścieg 2, - 2x2. 37 kΩ/cm



c) ścieg 3 - 2x1. 5 kΩ/cm



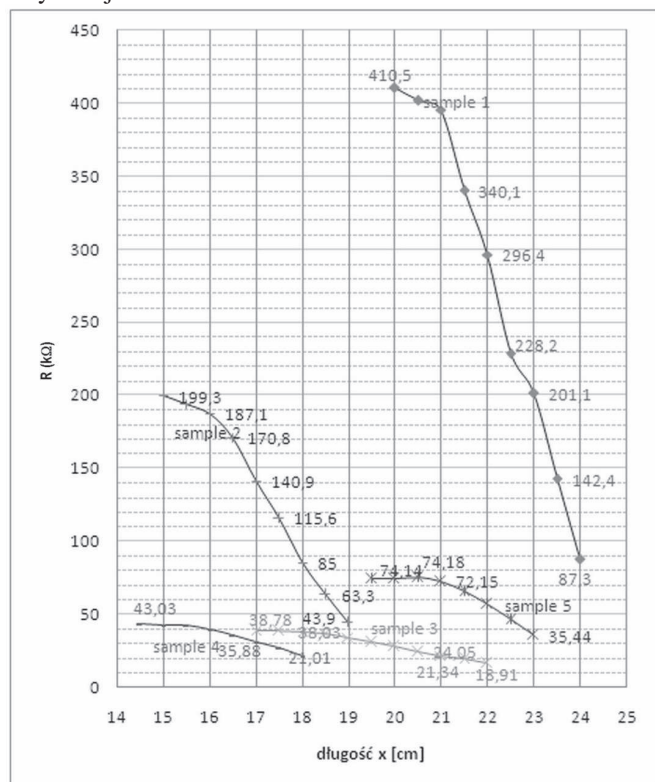
d) ścieg 4- pojedynczy gęsty 1x1. 10 kΩ/cm



e) ścieg 5- pojedynczy luźny 1x1. 5 kΩ/cm

Rys. 4. Pomiar rezystancji poszczególnych czujników tekstylnych

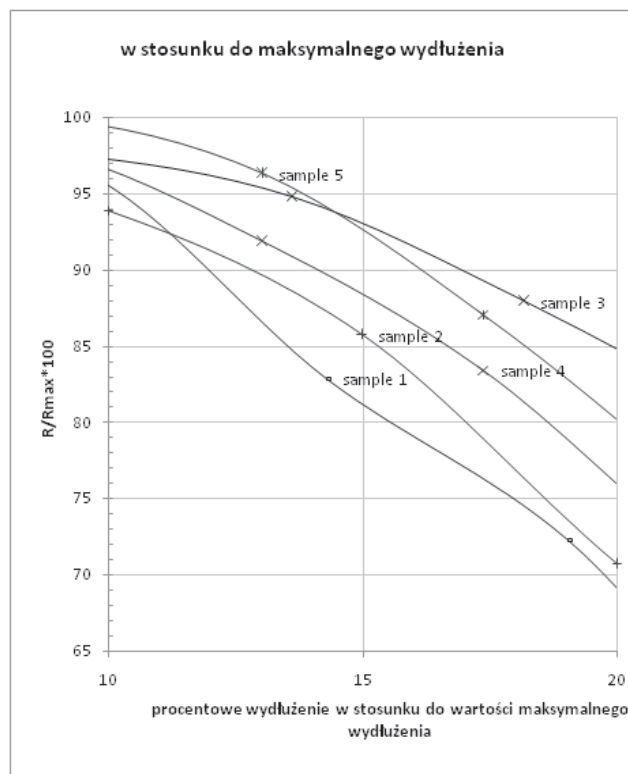
Na wykresach przedstawiono również uśrednione wartości wszystkich przebiegów dla każdego ze ściegów, zarówno dla wydłużania jak i powrotu do wartości początkowej oraz uśrednioną ze wszystkich przebiegów dla danego ściegu wartość minimalną i maksymalną rezystancji $R_{min,avg}$ oraz $R_{max,avg}$. W zależności od zastosowanego ściegu można zaobserwować różny poziom bezwzględnej wartości rezystancji.



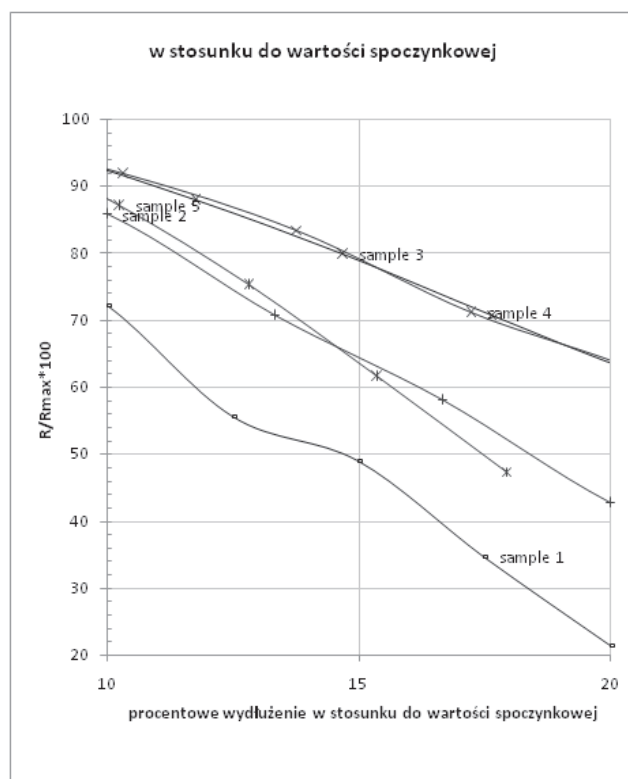
Rys. 5. Zestawienie pomiarów rezystancji czujników tekstylnych

Rysunek 5 przedstawia zestawienie uśrednionych pomiarów rezystancji dla poszczególnych ściegów. Największą wartość rezystancji ma ścieg nr 1 – $R_{max,avg}$, ponad 400 kΩ. Kolejne ściegi mają odpowiednio około 200, 40, 40 oraz 70 kΩ. Ścieg pierwszy charakteryzuje się również największą bezwzględną zmianą rezystancji w czasie wydłużania – $\Delta R_{avg} \approx 75$ kΩ/cm. Drugim pod względem wielkości zmiany rezystancji $\Delta R_{avg} \approx 37$ kΩ/cm jest ścieg nr 2. Jednakże, w jego przypadku odchylenie wartości R_{dev} wokół wartości średniej R_{avg} jest znaczące i wynosi ok. ± 70 kΩ. Ściegi nr 3 i 4 posiadają najmniejszy przyrost wartości rezystancji w stosunku do wydłużenia $\Delta R_{avg} \approx 5$ kΩ/cm oraz stosunkowo duży rozrzut wartości R_{dev} wokół R_{avg} . W tym kontekście ściegi 1 i 5 charakteryzują się największą stabilnością pracy oraz wystarczającą wartością ΔR_{avg} .

Na rysunku 6 została przedstawiona analiza dla wszystkich próbek w funkcji maksymalnego jej wydłużenia. Przedstawia procentową zmianę rezystancji R/R_{max} w funkcji procentowego wydłużenia materiału w stosunku do maksymalnego wydłużenia ściegu. Badana dzianina interesuje nas z punktu widzenia zachowania jej w chwili oddechu, więc przedmiotem pomiaru nie jest różnica rezystancji próbki przy maksymalnym wydłużeniu w stosunku do wartości w spoczynku, a jedynie mały zakres wydłużenia (do 20% wydłużenia maksymalnego), dlatego wykres został również przedstawiony we fragmencie skali.



Rys. 6. Charakterystyki pracy czujników tekstylnych wykonanych różnymi ściegami ściągającymi w funkcji maksymalnego wydłużenia dla przedziału 10-20% naciągu w stosunku do długości maksymalnej ściegu



Rys. 7. Charakterystyki pracy czujników tekstylnych wykonanych różnymi ściegami ściągającymi w funkcji procentowego wydłużenia materiału w stosunku do długości spoczynkowej dla przedziału 10-20% wydłużenia w stosunku do długości spoczynkowej

Na rysunku 7 znajduje się procentowa zmiana rezystancji (R/R_{max}) w funkcji procentowego wydłużenia materiału w stosunku do długości spoczynkowej. W tym przypadku również ograniczono zakres osi odciętych do 10-

20% wydłużenia dzianiny w stosunku do wartości początkowej.

Analiza pomiarów (rys. 6, rys. 7) wykazała, że najslabsze właściwości pod kątem zmiany ΔR_{avg} wykazują próbki 3 i 4. Natomiast, próbka numer 2 została odrzucona ze względu na najmniejszą powtarzalność pomiarów, widoczną na rysunku 4b.

3. WNIOSKI

Poprzez wykorzystanie nici elektroprowadzących możliwa jest integracja czujników tekstylnych z odzieżą. Jednakże właściwości czujnika rytmu oddechowego w postaci dzianego pasa w sposób istotny determinuje rodzaj ściegu, którym został wykonany. Dobór odpowiedniej metody wykonania zapewnia prawidłowe działanie i stabilność pracy czujnika w długim okresie czasu. Przeprowadzone testy wykazują, że do celów aplikacyjnych najodpowiedniejsze będą czujniki wykonane ściegami:

- ścieg 1, 1x1,
- ścieg 5, pojedynczy luźny 1x1.

W dalszym etapie przewiduje się przeprowadzenie analizy opisanych czujników w aspekcie stabilności pomiarów w długim okresie ich funkcjonowania.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Jakubas A., Łada-Tondyra E., Nowak M., Margol M., Lipińska-Opałka A., Concept of textronics system for monitoring vital functions of small children, *Przegląd Elektrotechniczny* No.12/2015, pp.
2. Moon, R. Y., Horne, R. S., & Hauck, F. R. (2007). Sudden infant death syndrome. *The Lancet*, 370(9598), 1578-1587.
3. Borowik L., Jakubas A., (2015). Measurements of the selected electrical parameters of textile materials for applications in smart clothing. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1(91), 115-117
4. Datasheet- Conductive Yarn, cdn.sparkfun.com/datasheets/E-Textiles/Materials/Datasheet_pw065.pdf

THE ANALYSIS OF THE RIBBING STITCH AS SENSOR OF RESPIRATORY RHYTHM

The advances in textronics and miniaturization of textile sensors result in their potential use as elements of an innovative system for measuring the vital functions of young children. An important parameter in the proper diagnosis of the state of health of an children is respiration. Its dysfunction may be associated with asthma and colds or cause other life/health threatening complications, including the exclusion of sleep apnea. One of the important functions of this system is the measurement of respiratory rhythm, which is based on the variations in the resistance of a knitted fabric made of electrically conductive yarns, integrated into baby underwear. The subject of investigation are textile sensors to measure respiratory rhythm of small children, which were fabricated from electro-conductive yarn. The sensors were made by knitting in several ways of ribbing. The research presented in this article was carried out to select the optimum type of stitch used for knitting. The tests were made on five samples based on different types of stitches. Resistance studies of individual samples were performed during their stretching. The properties of the respiratory rate sensor depend on the type of the applied stitch. Choose of the right method ensures that the sensor works correct for a long time. The guidelines for selection of suitable stitches for stability and reliability of measurements were proposed.

Keywords: electroconductive fibers; resistance measurement; respiratory rhythm measurement; textile sensors.