

Elektrovadoši tekstilpavedieni

Ingrīda Sahta¹, Ilze Baltina², Sanita Leitane³, Madara Puce⁴, ¹⁻⁴Rīga Technical University

Kopsavilkums. Rakstā skaidroti tādi jēdzieni kā viedtekstils ar integrētām elektroniskām/elektriskām sistēmām, elektrovadoši tekstilpavedieni, elektrovadošas tekstila joslas un drānā integrējams spiedslēdzis, kā arī apskatītas elektriskā vada aizstāšanas iespējas un to veidi viedapģērbā. Veikti eksperimenti ar dažādiem elektrovadošiem pavedieniem, konstatējot to piemērotību drānā integrētām elektrovadošām sistēmām: piemēram, pavedieniem ar sudraba pārklājumu ir lielāks elektriskās pretestības variācijas koeficients un atšķirīga pretestība pavedienam nostieptā un atbrīvotā stāvoklī. Apskatītas arī elektrovadošo pavedienu integrēšanas iespējas elektriskās sistēmas elementos.

Atslēgas vārdi: elektrovadoši pavedieni, viedtekstils, viedapģērbs, spiedslēdzis, elektriskā pretestība

I.IEVADS

Tekstilijas ar integrētām elektriskām un elektroniskām sistēmām šobrīd pārstāv vienas no aktuālākajām tehnoloģiju attīstības tendencēm tekstila nozarē. Līdz ar jauna veida zinātņu pētījumiem, kas iekļauj inovācijas kā elektrotehnikas un elektroniku, tā arī tekstila jomā, ir izveidojusies arī jauna veida materiālzinātņu starpnozare – viedtekstils, kura funkcionalitātes pamatā ir elektrovadošas/elektroniskas sistēmas. Šīs starpnozares mērķis – pārveidot un pielāgot elektroniskas un elektrotehniskas iekārtas valkāšanai apģērbā, lietošanai mājas tekstilā, tehniskajā vai medicīniskajā tekstilā. Vislielākās pārmaiņas elektroniku/elektrotehnikas adaptīvajos risinājumos prasa viedapģērba izgatavošana, jo apģērbam tiek izvirzītas prasības, kas nosaka valkātāja ērtību dažādās dzīves situācijās, kur elektrotehniskie elementi, paralēli savam mērķim - kalpot cilvēkam: papildināt vai regulēt kādas apģērba funkcijas - nedrīkstētu ierobežot apģērba drānu tradicionālās funkcijas ar savām, no tekstilmateriāla tik atšķirīgajām īpašībām: izmēru, neelastīgumu, svaru, gaisa, tvaika un antropotoksīnu neaurlaidības dēļ.

„Smart textile” – viedtekstils - vai „smart clothing” – viedapģērbs - ir jēdzieni, kas plaši tiek lietoti angļu un vācu valodas literatūrā, būtībā raksturojot tekstila izstrādājumus, kas spēj uzvert ārēja faktora iedarbību, veidot atbildes reakciju uz kādu ārēju kairinājumu, vai arī pielāgoties tam, integrējot tekstilmateriāla struktūrā jaunas funkcijas. [1] Plašākā nozīmē jēdziens ietver atšķirīgas „vieduma” pakāpes un raksturo:

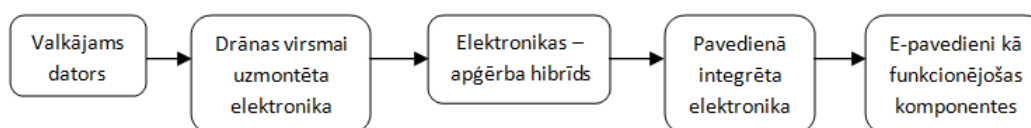
- ✓ tekstilijas, kam piemīt netradicionālas papildu īpašības (piem., netīrumus atgrūdošs, smakas absorbējošs);
- ✓ materiāli, kas maina savas fizikālās īpašības (piem., PCM – no angļu - *Phase Change Materials* – agregātvokli mainoši materiāli);
- ✓ apģērbi ar adaptētām un pievienojamām elektroniskām mikrosistēmām (piem., mobilā telefona adapteris vai apģērbam pievienojamas austiņas);
- ✓ apģērbi ar integrētu elektroniku (piem., tekstilmateriāla taustiņi, kas tiešā veidā ir integrēti apģērba drānā);
- ✓ apģērbs ar adaptētu un/vai drānā integrētu elektronisko sistēmu, kam piemīt inteliģentās/intelektuālās funkcijas (piem., integrēts MP3 atskaņotājs, kas automātiski izslēdz skaņu, iezvanoties telefonam). [2]

Šajā rakstā jēdziens „viedtekstils” un „viedapģērbs” ir lietots tā šaurākā nozīmē, kas attiecināma uz tekstilizstrādājumiem ar augstu inteliģento/intelektuālo funkciju un elektroniku integrēšanas pakāpi. Augstas elektriskās ķēdes sastāvdaļu integrēšanas pakāpes sasniegšanai iespēju robežās tiek lietoti elektrību vadoši tekstilpavedieni. Šādi pavedieni gan nodrošina tekstilpavediena īpašības integrēšanas un ekspluatācijas procesā drānā, gan arī veic noteiktas funkcijas elektriskajā ķēdē, vadot elektrību, gaismas impulsu vai pārraidot datus u.tml.

„Wearable electronics” – tā saucamā „valkājama elektronika” - varētu tikt uzskatīta par viedapģērba attīstības pirmsākumu: apģērba ar pievienotām elektroniskām ierīcēm, bet ar zemu elektroniku integrēšanas pakāpi. Šādiem tekstilizstrādājumiem elektriskās ķēdes komponentes tiek piestiprinātas pie drānas ar furnitūras palīdzību, ievietotas kabatās vai šūtos tuneļos, lielākoties saglabājot elektrisko ierīču īpašības: neelastību, svaru u.tml.

„... valkāšanas komforts ir atslēgvārds tam, lai patērētājs akceptētu valkājamo elektroniku ... šis mērķis var tikt sasniegts, tikai drānām adaptējot elektrisko funkciju”, tā savā disertācijā un pētījumā par elektrisku/elektronisku sistēmu integrēšanu tekstilijās apgalvo Ivo Lochers. [3]

Apģērba valkātāju loģiska prasība pēc komforta izvirza arī risināmus uzdevumus plašam elektronikas integrēšanas tehnoloģiju spektram, sākot no „valkājamiem” (piemēram, kabatās ievietojamiem) datoriem un noslēdzot ar pavedienā integrētu elektroniku, kas kalpo par izejmateriālu elektrovadošai drānai (skat. 1. att. [4]).



1. att. Integrēšanas attīstības pakāpes [9]

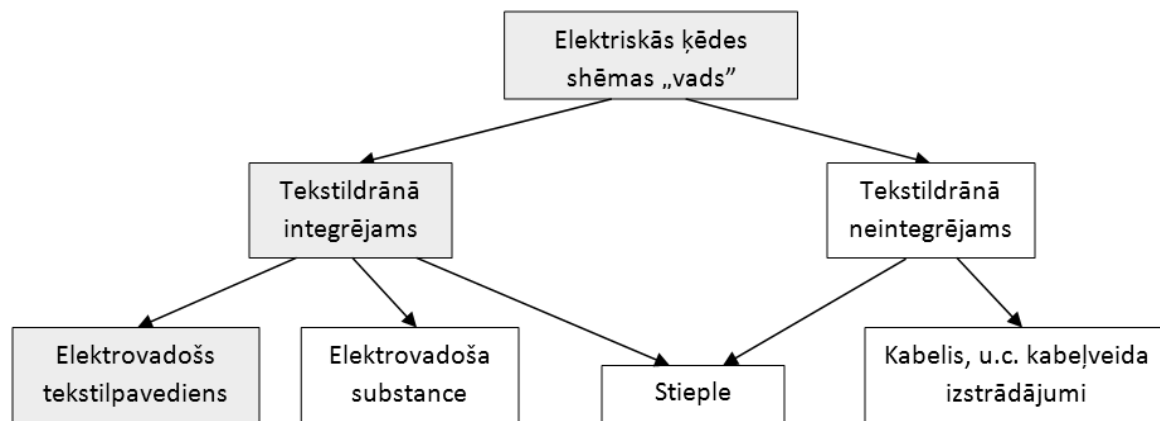
Viedtekstils ir jauna pētniecības joma arī Latvijā, kas attiecīgi saistīta ne tikai ar jauna veida pētījumiem zinātnē, bet arī ar jaunu jēdzienu un terminu ieviešanu un skaidrošanu.

II. MATERIĀLI, KAS NODROŠINA ELEKTRISKĀ VADA FUNKCIJAS DRĀNĀ

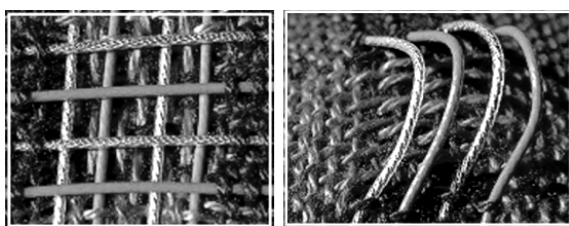
Elektrovadošās īpašības integrējot drānas struktūrā, iespējams iegūt elastīgu tekstilmateriālu, kas nepazemina apģērba komforta un ekspluatācijas kvalitāti. Literatūrā šāda materiāla apzīmēšanai tiek lietoti jēdzieni „elektrovadoša drāna” (no angļu „electrically conductive textiles” [5]; [3] vai „electrically conductive fabric” [3]) vai „elektrotekstils” (no angļu valodas „electrotextiles”). [6] Savukārt angļu valodā lietotais jēdziens „electronic textiles” [7] jeb „e-textiles” [8] norāda uz drānu ar integrētu elektrību un signālus vadošu tīklu, un drānas struktūrā integrētām miniaturizētām, elastīgām elektroniskām ierīcēm.

Elektriskās ķēdes shēmas „vada” funkcijas tekstildrānā (jāatzīmē, ka šīs funkcijas var nodrošināt gan vadu, gan bezvadu savienojumi) iespējams nodrošināt ar dažādu tekstiltehnoloģiju palīdzību: ar šūšanu, adīšanu vai aušanu,

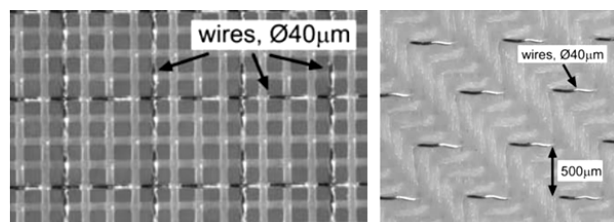
tāpat arī pielietojot printēšanas vai apdrukas tehnoloģijas (skat. 2. att.) u.c. Praksē lietotie materiāli, atkarībā no to īpašībām, var būt gan tekstilmateriāla struktūrā, gan tā virsmā integrējami. Piemēram, kabeļveida izstrādājumi gan nodrošina labu un vienmērīgu strāvas plūsmu, toties nav piemēroti integrēšanai drānas struktūrā (skat. 3. a) att.), turpretim smalkas metālu stieples vai metālu monofilamenti tiek izmantoti arī pētījumos integrēšanai drānā [3] (skat. 3. b) att.), lielākoties aušanas vai adīšanas tehnoloģijās. Elektrovadoši pārklājumi, saturoši metāla daļiņas, tāpat arī elektrovadošas tintes (skat. 3. c) att.) uzklāšanas procesā tiek daļēji integrētas drānas virsmā, tomēr elektrovadošās īpašības bieži vien ir nestabilas vai mēdz zust ekspluatācijā, piemēram, drānu stiepjot, var zust kontakti starp metāla daļiņām. [9] Savukārt elektrovadoši tekstilpavedieni ir piemēroti integrēšanai drānās dažādās tekstiltehnoloģijās (skat. 3. d) att.), neierobežojot drānas īpašības. Tomēr jāatzīmē, ka šādiem pavedieniem mēdz būt augstāka elektriskā pretestība nekā metāla vadiem [3], tāpēc šobrīd komerciāli iegūstamie elektrovadošie pavedieni ir vairāk piemēroti elektriskajām sistēmām ar zemu jaudas patēriņu.



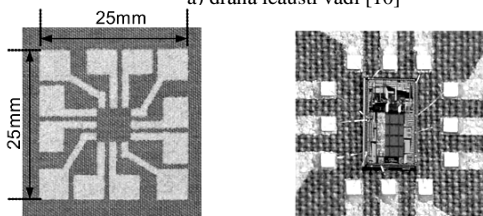
2. att. „Vada” aizvietošanas veidi viedtekstilijās



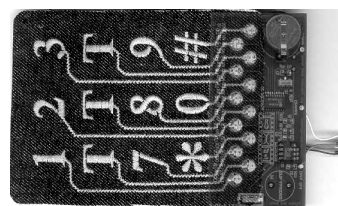
a) drānā ieausti vadi [10]



b) drānā ieaustas smalkas stieples ar izolējošu pārklājumu [3]



c) uz auduma printēti elektrovadoši celiņi [9]



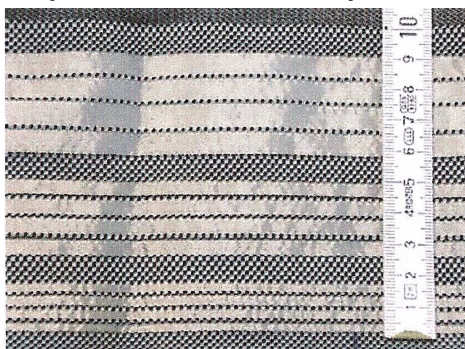
d) ar elektrovadošiem pavedieniem izšūti skārienjutīgi taustiņi [11]

3. att. „Vadu” integrēšanas un aizvietošanas veidi viedtekstilā

Bieži vien tekstildrānā tiek integrētas **elektrovadošas tekstiljoslas** (angļu valodā - conductive traces [11], vācu

valodā - textile Leitbahnen [2]) – **tekstiltehnoloģiju** (šūšana, izšūšana, adīšana, aušana, pīšana, apdruka u.tml.) rezultātā

iegūtas joslas, kas kalpo elektriskās ķēdes elementu savienošanai viedtekstilijā elektrības vai signālu pārvadīšanai (skat. 4. att. Tīringenes-Fogtlandes Tekstila pētniecības institūtā, Vācijā izgatavotas no poliamīda pavedieniem ar sudraba pārklājumu austas elektrovidošas joslas [12]).



4. att. Austas elektrovidošas tekstila joslas [12]

III.ELEKTROVADOŠU PAVEDIENU VEIDI

Elektrovidošs pavediens (plašākā nozīmē vadītspējīgs vai vadošs pavediens) - raksturo tekstildrānā integrējamu pavedienu, kam piemīt elektrovadītspēja („vadītspējīgs” - arī gaismas impulsa u.c. vadītspējas) un uz kuru principā attiecas tekstilpavediena raksturojums un īpašības (termins „tekstilpavediens” skaidrots: ISO 8159:1987 standartā Textiles - Morphology of fibres and yarns – Vocabulary). Attiecībā uz jēdzienu „elektrovidošs pavediens” literatūrā ir atrodami skaidrojumi, bet nav vēl pieņemtas noteiktas standartizētas koncepcijas, piemēram, vācu valodā jēdziens tiek skaidrots:

Leitfähige Garne - elektrovidoši (vadītspējīgi) pavedieni - Filamentāri pavedieni, kas tiek kombinēti ar vadītspējīgām metāla vai oglekļa šķiedrām vai tiek izgatavoti, apstrādājot šķiedru virsmas vai serdeni ar elektrovidošiem savienojumiem. [13]

Konduktive Garne - vadītspējīgi pavedieni („konduktive” ir angļu valodas aizgūvums) - kalpo enerģijas un signālu pārvadīšanai starp elektroniskiem elementiem. Turklāt tiem ir jāapmierina gan elektriskās (piemēram, pretestība, kapacitāte, induktivitāte, pilnā pretestība), gan arī mehāniskās (piemēram, taktiis, plēšanas izturība, drapējamība, stiepjāmība) prasības.

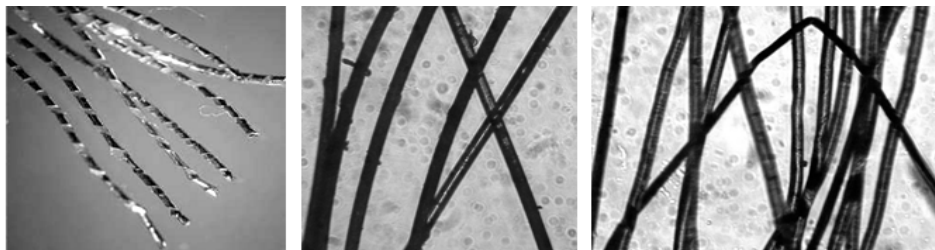
Tie tiek iestrādāti drānas struktūrā ar aušanas, šūšanas un adīšanas palīdzību. Atkarībā no savienojuma veida, tie var veidot vadītspējīgas joslas vai kūļus, kas sastāv no atsevišķiem vadītājiem. Pētniecībā tiek izmantotas metāla stieples un vadi, nemetālu oglekļa šķiedru filamentārie pavedieni un tekstilpavedienu konstrukcijas ar metāla daļiņām, kurus savukārt iespējams iedalīt aptītajos pavedienos, multifilamentāros pavedienos un elektroķīmiski pārklātos multifilamentāros pavedienos. [14]

Literatūrā angļu valodā, atkarībā no pavediena struktūras veida, tiek lietots: conductive yarn, - thread vai – twisted yarn (vācu valodā atbilstoši – zwirn).

Elektrovidošus tekstilpavedienus iespējams iegūt (pavedienu shematiskais iedalījums pēc to struktūras apskatīts 6. att.) pēc analogiskām tehnoloģijām kā „klasiskos” tekstilpavedienus, kā elektrovidošo materiālu dažādās kombinācijās izmantojot metāla vai oglekļa filamentus un štāpeļšķiedras (skat. 5. c. att. 80% poliamīda un 20% nerūsējošā tērauda šķiedru maisījums pavedienā, mikroskopa palielinājums 135 reizes) vai smalkas stieples, par ko liecina arī iepriekš apskatītie, vācu literatūrā sastopamie skaidrojumi. Papildus iepriekšminētajām elektrovidošu pavedienu iegūšanas tehnoloģijām, elektrovadītspēju iespējams piešķirt arī, tradicionālos tekstilpavedienus aptinot ar metāla folijas strēmelmēm (skat. 5. a) att.) vai pārklājot ar metāla daļiņām izgatavošanas procesā. 5. b) attēlā novērojami atsevišķi nenoklāti filamentu virsmas laukumi, kas iespējams kalpo par iemeslu lielākam elektriskās pretestības nevienmērības koeficientam (eksperimenti apskatīti nākamajā teksta sadaļā), kāds novērojams ar metālu pārklātiem pavedieniem. Pavedienu pārklāšanas metodes:

- ✓pārklāšana ar metāla daļiņām,
- ✓elektrolītiska pārklāšana (metālu nogulsnešana, lieto oglekļa šķiedrām),
- ✓pārklāšana ar metāla sāļiem. [2]

Tāpat arī elektrovidošos pavedienus, to ekspluatācijas īpašību uzlabošanai, mēdz pārklāt ar izolācijas materiālu vai stiegt ar elastīgu pavedienu.

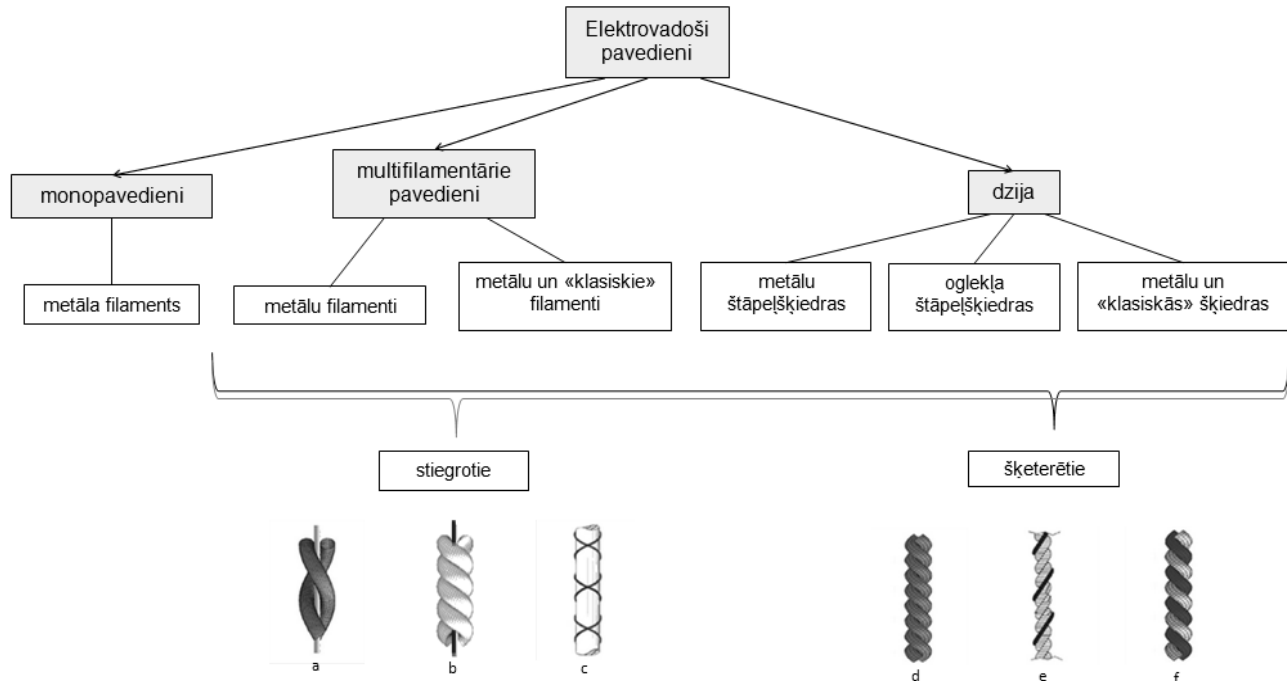


a) [7]

b)

c)

5. att. Elektrovidošu pavedienu struktūras



Elektrovadošais pavediens vai filaments:

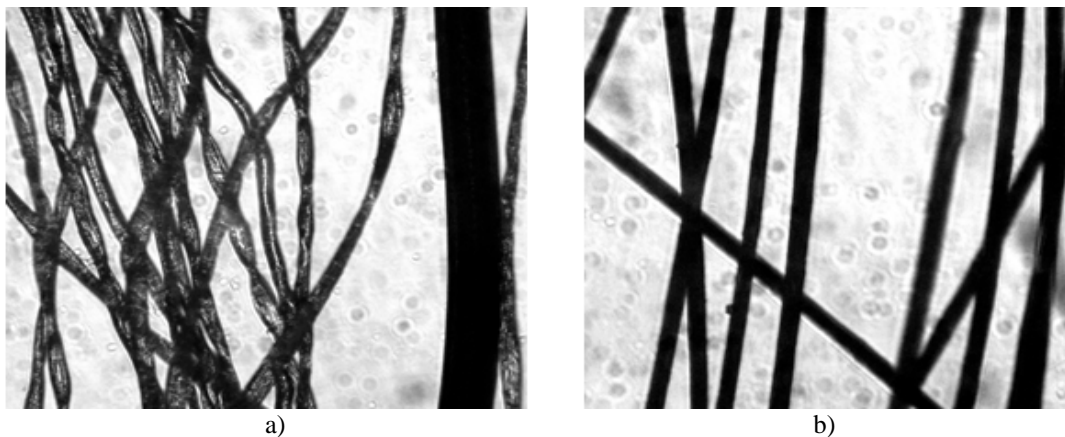
- a: aptīts ap „klasiska” tekstilpavediena serdeni;
- b: kalpo par serdeni, ar „klasiskiem” tekstilpavedieniem aptītam, pavedienam;
- c: z un s virziena šķeterējuma aptīts ap „klasisku” tekstilpavedienu
- d: sašķeterēti 2 vai vairāki elektrovadoši pavedieni
- e un f: sašķeterēti „klasiskie” un elektrovadošie pavedieni dažādās attiecībās un atšķirīgos groduma virzienos (z un s)

6. att. Elektrovadošu pavedienu iedalījums pēc struktūras, pavedienu zīmējumi no: [15] [16]

Elektrovadītspēja cietvielās ir saistīta ar vielas īpatnējo elektrisko pretestību, materiāla šķēsgriezuma laukumu un garumu, pa kādu plūst strāva. Šie fizikālie materiālu parametri arī nosaka metāla stieplu priekšrocības elektrovadītspējā attiecībā pret metālu filamentiem, jo stieplēm ir lielāks šķēsgriezuma laukums (salīdzinājumam nerūsējošā tērauda filamentārais pavediens 7. att. b) un kokvilnas šķiedru pavediens ar metāla stiepli 7. att. a) mikroskopā (palielinājums 135 reizes)) kā filamentiem un metāla kārtiņai, ar kādu tiek pārklāti elektrovadoši pavedieni, tomēr stieples vai sagrodoti pavedieni ar stiepli negatīvi ietekmē atsevišķas drānas īpašības, kā, piemēram, elastīgumu, drapējamību, tāpat arī,

pārlūstot stieplei, tiek pārtraukta elektrības plūsma.

Kā izejmateriāls metālu filamentārajiem pavedieniem visbiežāk tiek izmantots tērauds, to nosaka kā ekonomiski apsvērumi, tā arī praktiski - atkarībā no tērauda ķīmiskā sastāva iespējams sasniegt noteiktas tekstilpavedienam nepieciešamās īpašības: lokanību, smalkumu, stiprību un līdz ar to arī - piemērotību integrēšanai tekstildrānā. Jāpiezīmē, ka tēraudam piemīt lielāka pretestība kā sudrabam vai varam, tādēļ līdzvērtīgas elektrovadoša tekstilpavediena īpašības iespējams sasniegt arī, piemēram, ar plānu sudraba daļiņu pārklājumu.



7. att. Kokvilnas šķiedru pavediena ar metāla stiepli (ar melnu) un metāla filamentāra pavediena salīdzinājums mikroskopā

IV. PAVEDIENU ELEKTROVADĪTSPĒJAS NOVĒRTĒJUMS

Elektriskās pretestības mērījumi dažādiem pavedieniem apliecina atšķirīgu šo pavedienu „izturēšanos”, salīdzinot to vidējās elektriskās pretestības, pavedienam esot nostieptā un atbrīvotā stāvoklī, tāpat arī atšķirīgs ir to elektriskās pretestības variāciju koeficients. Eksperimentā izmantotie pavedieni skatāmi 1. tabulā.

Eksperimentāli tika salīdzināti nerūsējošā tērauda multifilamentārie pavedieni (7. attēlā apzīmēti ar SS (no angļu valodas - Stainless Steel)) un poliamīda multifilamentārie pavedieni ar sudraba pārklājumu (7. attēlā: PA+Ag). Salīdzināšanai izmantoti trīs dažādu uzņēmumu izstrādājumi, attiecīgi apzīmēti: A, B un C.

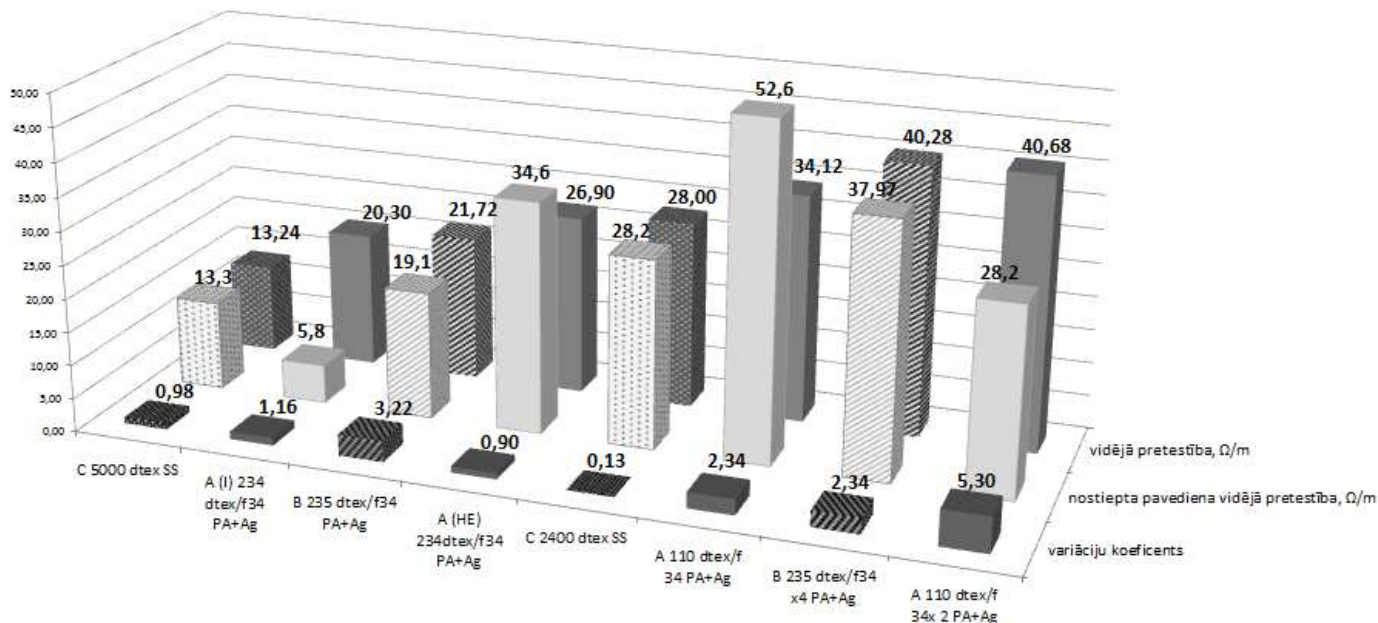
1. TABULA
EKSPERIMENTĀ IZMANTOTO PAVEDIENU APRAKSTS

Nr.p.k	Pavediena apzīmējums	Līnērais blīvums (dtex)	Pavediena struktūra	Filamentu materiāls	Apstrāde	Papildus apstrāde
1.	C 5000 SS	5000	mazgrodots multifilamentārs pavediens	nerūsējošais tērauds	-	PTFE impregnējums
2.	A I 234/f34 PA+Ag	234	mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	izolācijas pārklājums
3.	B 235/f34 PA+Ag	235	mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	-
4.	A HE 234/f34 PA+Ag	234	mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	stiegrojums ar elastīgu pavedienu
5.	C 2400 SS	2400	divkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens	nerūsējošais tērauds	-	-
6.	A 110/f 34 PA+Ag	110	mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	-
7.	B 235/f34 x4 PA+Ag	235	četrkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	-
8.	A 110/f 34x 2 PA+Ag	110	divkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens	poliamīds	sudraba pārklājums	-

Eksperimentu gaitā tika veikti 5 elektriskās pretestības mērījumi pavedieniem 1 m garumā, mērījumus atkārtojot ik pēc 10 m, tiem esot: brīvā stāvoklī; nostieptā stāvoklī ar 20 g atsvaru. Tāpat arī mērījumiem pavediena brīvā stāvoklī tika izrēķināts variāciju koeficients.

Kopumā novērojama viena veida struktūras pavedienu lineārā blīvuma saistība ar elektriskās pretestības lielumu: jo lielāks pavediena lineārais blīvums, jo zemāka pretestība (skat. 7. att. vidējā pretestība 234 dtex/f 34 poliamīda pavedienam ar sudraba pārklājumu – 20,3 Ω/m, salīdzinājumā ar 110 dtex/f

34 x 2 – 40,68 Ω/m, attiecīgi, arī tērauda pavedieniem: 5000 dtex – 13,24 Ω/m un 2400 dtex - 28 Ω/m), kas arī ir izskaidrojams ar iepriekšminētajiem elektriskās vadītspējas fizikālajiem parametriem materiālos. Jāatzīmē, ka, salīdzinot divu uzņēmumu ražotos vienāda lineārā blīvuma pavedienus, arī novērojama būtiska atšķirība to elektriskajā pretestībā: A 110 dtex/f 34 x 2 – 40,68 Ω/m un B 110 dtex/f 34 x 2 – 850,6 Ω/m, tāpat arī A 110 dtex/f 34 – 34,12 Ω/m, bet B 110 dtex/f 34 - 2690 Ω/m (7. att. nav parādīts).



7. att. Elektriskās pretestības mērījumu salīdzinājums elektrovadošiem pavedieniem

Noteikta tendence novērojama, arī salīdzinot vienāda blīvuma mazgrotu multifilamentāro pavedienu un šķeterētu pavedienu, kuru struktūru veido 2 un vairāki multifilamentārie pavedieni, elektropretestības mērījumus brīvā stāvoklī, piemēram, $B\ 235/f34 - 26,9\ \Omega/m$ un $B\ 235/f34\ x4 - 40,28\ \Omega/m$, tāpat arī $A\ 110/f\ 34 - 34,12\ \Omega/m$ un $A\ 110/f\ 34x\ 2 - 40,68\ \Omega/m$. Tātad šķeterēti pavedieni, kas savukārt sastāv no vairākiem pavedieniem, rada lielāku elektrisko pretestību kā mazgroti multifilamentārie pavedieni ar sudraba pārklājumu. Jāpiezīmē, ka šādus secinājumus, attiecinātus uz metālu filamentārajiem pavedieniem, šajā eksperimentā izdarīt nevar.

Tāpat arī elektriskās pretestības mērījumi pavedieniem nostieptā un atbrīvotā stāvoklī viennozīmīgus secinājumus izdarīt neļauj. Pavedienu ar sudraba pārklājumu $A\ 110\ dtex/f\ 34$ un ar elastīgu pavedienu stiegotā $A\ 234\ dtex/f\ 34\ PA+Ag$ pavediena mērījumi izstieptā stāvoklī liecina par ievērojamu pretestības palielināšanos, savukārt pavedienus $A\ 110\ dtex/f\ 34\ x\ 2$ un A ar izolējošu pārklājumu $234\ dtex/f\ 34$ nostiepjot, pretestība ievērojami samazinās. B zīmola tekstilpavedieniem ar sudraba pārklājumu $B\ 235\ dtex/f\ 34$ un $B\ 235\ dtex/f\ 34\ x\ 4$ ir novērojamas tikai nelielas izmaiņas elektriskajā pretestībā nostieptā stāvoklī. Nerūsējošā tērauda multifilamentārajiem pavedieniem vērā ņemamas izmaiņas mērījumu rezultātos nostieptā stāvoklī neparādās vispār.

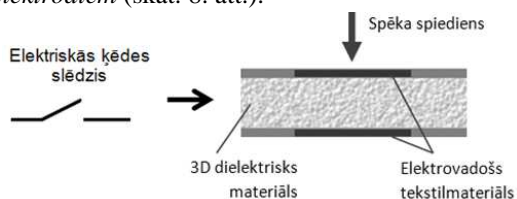
Elektriskās pretestības nevienmērības jeb variāciju koeficients (mērjamiem pavedieniem atbrīvotā stāvoklī) tērauda multifilamentārajiem pavedieniem ir mazs – 0,13 un 0,98, līdz ar to jāsecina, ka šī veida pavedieniem ir faktiski nemainīga elektriskā pretestība visā tā garumā, poliamīda pavedieniem ar sudraba pārklājumu koeficients variējas no 1,16 līdz pat 5,3 (izņemot ar elastīgu pavedienu stiegotajam $A\ 234\ dtex/f\ 34$ pavedienam, attiecīgi: šādi pavedieni nespēj nodrošināt absolūti vienādu elektriskās strāvas plūsmu visos pavedienu punktos.

Dažāda pavedienu elektriskā pretestība ļauj tos pielietot viedtekstilā atbilstošu funkciju veikšanai: elektrības vai datu vadīšanai (zema pretestība un zems variāciju koeficients), kā stiepes sensorus (svaigās pretestības izmaiņas pavedienam nostieptā stāvoklī attiecībā pret nenostieptu) vai elektromagnētiskā lauka ekranēšanai u.tml.

V. ELEKTROVADOŠU PAVEDIENU PIELIETOJUMS SPIEDSLĒDŽA IZGATAVOŠANĀ

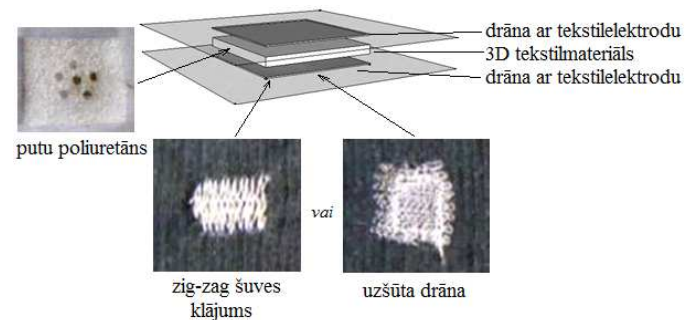
Elektriskās ķēdes komutēšanai viedtekstilā dažkārt tiek lietoti vienkārša darbības principa un konstrukcijas slēdži, kuri darbināmi ar spēka spiedienu.

Spiedslēdzis – ierīce, kas veic elektriskās ķēdes komutēšanu ārēja spēka spiediena rezultātā, saskaroties tā kontaktelektrodiem (skat. 8. att.).



8. att. Spiedslēdža shematiskais attēlojums

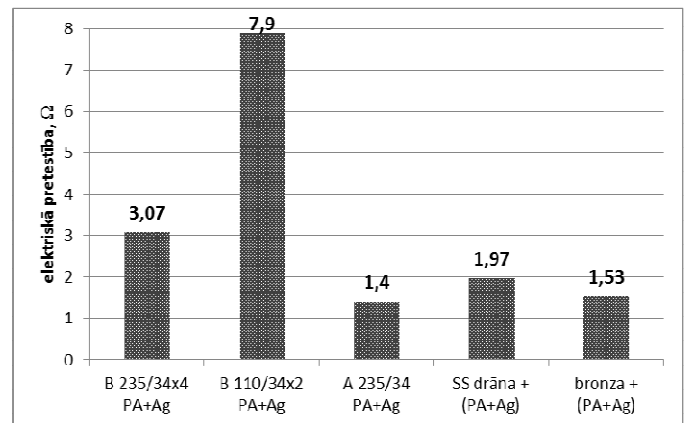
Šādiem no tekstildrānas izgatavotiem slēdžiem kā kontaktelektrodi ir izmantojamas gan elektrovidošas tekstildrānas, gan arī elektrovidoši tekstilpavedieni, nokļājot drānu ar šūšanas vai izšūšanas tehnoloģiju palīdzību (skat. 9. att.).



9. att. Spiedslēdža shēma un izgatavošanai izmantotie materiāli

Eksperimentāli tika salīdzināti spiedslēdži (skat. 10. att), kas izgatavoti (1x1 cm laukumā), par kontaktelektrodiem izmantojot:

- ✓ poliamīda pavedienus ar sudraba pārklājumu: $B\ 235/34x4$, $B\ 110/34x2$ un $A\ 235/34$, kas uz drānas veido šujmašīnas zig-zag šuvi;
- ✓ ar poliamīda pavedieniem, kas pārklāti ar sudrabu, tekstildrānai uzšūtu nerūsējošā tērauda (10. attēlā „SS”) drānu;
- ✓ ar poliamīda pavedieniem, kas pārklāti ar sudrabu, tekstildrānai uzšūtu bronzas drānu.



10. att. Eksperimentu ar spiedslēdžiem rezultāti

Salīdzinot atšķirīgi izgatavotu spiedslēdžu vidējās elektriskās pretestības pēc pieciem atkārtotiem slēdžu darbināšanas mēģinājumiem, iespējams secināt, ka viszemāko pretestību uzrāda slēdzis, kurš izgatavots, izmantojot $A\ 235/34$ ar sudrabu pārklātu poliamīda pavedienu. Kaut gan tēraudam un bronzei salīdzinājumā ar sudrabu ir daudz augstāka elektriskā pretestība, tomēr drānā integrētiem šo metālu pavedieniem, veidojot blīvi austu vai adītu struktūru, ir iespējams nodrošināt līdzvērtīgu elektrisko vadītspēju kā ar sudrabu pārklātu pavedienu līdzvērtīgā laukumā izpildītām šuvēm. Acīmredzot, tekstiltehnoloģiju ceļā izgatavotu elektrovidošu elementu elektrovadītspēja ir atkarīga ne tikai

no elektrovadošā materiāla īpašībām, bet arī no šūšanas tehnoloģijas izpildījuma dažādiem parametriem, piemēram, dūriena garuma un biežuma, pavadīnu blīvuma, aizpildījuma veida noteiktā laukumā un izpildījuma precizitātes u.tml., tāpat arī drānas struktūras parametriem.

B zīmola vienlīdzīga lineārā blīvuma pavadīnu spiedslēdži uzrāda ievērojami lielāku pretestību kā A zīmola slēdzim atbilstoši iepriekš apskatītajam elektrovadošo pavadīnu pretestības novērtējumam.

VI.KOPSAVILKUMS

Viedtekstila ar augstu mākslīgo intelektu un augstu tā integrēšanas pakāpi drānā izgatavošanā svarīga loma piešķirama elektrovadošiem tekstilpavedieniem, kas spēj nodrošināt kā elektriskās/elektroniskās, tā arī kvalitatīvas tekstilmateriālu īpašības.

Elektrovadošu tekstilpavedīnu izgatavošanas veids un kvalitāte, tāpat arī pielietotie materiāli ievērojami ietekmē elektriskās pretestības īpašības pavadīna brīvā vai nostieptā stāvoklī, tāpat arī vadītspējas vienmērīgumu visā pavadīna garumā.

Kopumā:

- ✓ elektriskā vadītspēja ir vienmērīgāka metālu multifilamentārajiem pavadīniem;
- ✓ pavadīna lineārais blīvums un pielietotā elektrovadošā materiāla daudzums ietekmē elektrisko pretestību;
- ✓ pavadīniem ar sudraba pārklājumu elektriskā pretestība mainās atkarībā no pavadīna struktūras: šķeterētiem pavadīniem tā ir augstāka;
- ✓ pavadīniem ar metāla daļiņu pārklājumu elektriskā pretestība mainās atbrīvotā stāvoklī salīdzinājumā ar nostieptu stāvokli.

Elektrovadošie pavadīni ir veiksmīgi pielietojami elektrovadošo elementu izgatavošanā viedtekstilā.

Jāatzīmē arī, ka eksperimenti ar pavadīnu elektrovadošo īpašību noteikšanu nedod viennozīmīgi vērtējamus rezultātus.

APLIECINĀJUMS

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] P. Kickens, L. van Langenhove, C. Hertleer, “Smart Clothing: a new Life”, Available: International Apparel Federation, <http://www.iafnet.com> [Accessed Sep 28, 2011]
- [2] S. C. Vargas. *Smart Clothes – Textilien mit Elektronik. Was bietet der Market der intelligenten Bekleidung?* Hamburg: Diplomica Verlag, 2009
- [3] I. Locher, “Technologies for System-on-Textile Integration”, PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland, 2006
- [4] A. Madhu, New Generation E – Textiles, 2001. [Online]. Available: Technical Textiles, <http://www.technicaltextile.net> [Accessed October 24, 2011].
- [5] H. Aniołczyk, J. Koprońska, P. Mamrot, J. Lichawska, “Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol. 12, No. 4 (48), p 47 – 50, October / December 2004. Available: FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, <http://www.fibtex.lodz.pl/archive.htm> [Accessed Sep 10, 2011].

- [6] P. Westbroek, G. Priniotakis, P. Kickens, *Analytical electrochemistry in textiles*. Cambridge, UK: Woodhead, 2005, pp. 212 – 239.
- [7] T. Martin, M. Jones, J. Edmison, R. Shenoy, “Towards a design framework for wearable electronic textiles,” in Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC’03), 2003, pp.190 – 199.
- [8] C. M. Zeh, “A Flexible Design Framework for Electronic Textile Systems”, M.S. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2006
- [9] Y. Kim, H. Kim, Hoi-Jun Yoo, “Electrical Characterization of Screen-Printed Circuits on the Fabric”, *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, vol. 33, No. 1, p. 196 – 205, February 2010. Available: IEEE Xplore, <http://ieeexplore.ieee.org/> [Accessed Oct 14, 2011]
- [10] Z. S. Nakad, “Architectures for e-Textiles”, PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2003
- [11] E.R. Post, M. Orth, P. N. Gershenfeld, R. Russo, “E-broidery: Design and Fabrication of Textile-based Computing”, *IBM Systems Journal*, vol. 39, Nos. 3&4, p. 840-860, 2000. Available: IBM Journal of research and Development, <http://www.research.ibm.com/journal/sj/393/part3/post.html> [Accessed Sep 29, 2011]
- [12] D. Zschenderlein, “Energie- und Informationsübertragung in Smart Textiles (AiF 146 ZBR)”, *Abgeschlossene Projekte 2006*, [Online]. Available: TITV Das Institut für Spezialtextilien und flexible Materialien, <http://www.titv-greiz.de/index.php?id=aif146zbr>. [Accessed Oct 21, 2008]
- [13] A. Schenek, *Lexikon Garne und Zwirne*. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, 2006, S. 304
- [14] “Chemnitzer Lexikon zum Industriemuseum” [Online]. Available: Technische Universität Chemnitz, <http://www.titv-greiz.de/index.php?id=aif146zbr>. [Accessed Dec 28, 2010].
- [15] Minyoung Suh, “E-Textiles For Wearability: Review On Electrical And Mechanical Properties”, *Nonwovens / Technical Textiles*, April 2010 Available: Textile World, http://www.textileworld.com/Articles/2010/April/Issue/Etextiles_Feature.html [Accessed Sep 29, 2011]
- [16] Minyoung Suh, “E-Textiles For Wearability: Review On Electrical And Mechanical Properties”, *Nonwovens / Technical Textiles*, June 2010 Available: Textile World, http://www.textileworld.com/Articles/2010/June/Web_Issue/E-Textiles.html[Accessed Oct 3, 2011]



Ingrida Shahta, Mg.sc.ing., PhD student, 1996 - Bachelor's Degree in pedagogy, Home Economics and Design teacher's qualification, Latvian Agricultural University, Jelgava. Work experience: TEACHER in Valdemarpils Secondary School (1996 – 2008).

2007 - Bachelor's and - 2009 - Master's Degree in material science, Riga Technical University, Riga. Title of thesis „Smart Clothe with Integrated Microclimate Control System”. Since 2008 - ASSISTANT IN SCIENTIFIC WORK at Riga Technical University Institute of Textile Material's Technologies and Design. Research area - electronics integration in the smart textiles.

E-mail: ingrida.sahta@rtu.lv



Ilze Baltina, Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Dr.Sc.Eng., 1995. Fields of study: weaving technology, fabric design, properties and quality of textile fibres, yarns and fabrics.

ASSOCIATE PROFESSOR and LEADING RESEARCHER in Riga Technical University, Department of Clothing and Textile Technologies. Scientific work related to the research of different fiber materials, specially to bast fibre materials, wearable electronics, innovative and technical textiles and their production technologies.

Address: Āzenes Str. 14/24 – 265, Riga, Latvia, LV- 1048.

E- mail: ilze.baltina@rtu.lv, phone: +371 67089822.



Sanita Leitane has earned professional bachelor's degree in Material Technology and Design and a product designer qualification at Riga Technical University in 2010. Currently is studying at Riga Technical University master studies Clothing and Textile Technologies.

Work experience:“Latvijas tekstils” Ltd., a SUPERIOR OF SEWING FACTORY and “Paiya” Ltd., CLOTHING CONSTRUCTOR. Currently is researching integration of electronic components into textiles.

E- mail: sanita_leitaane@inbox.lv



Madara Puce has earned professional bachelor's degree in Material Technology and Design and a product designer qualification at Riga Technical University in 2010. Currently is studying at Riga Technical University master studies Clothing and Textile Technologies.

Currently is working at Ltd. “EIS” (Riga, 7 M.Keldisha Street) as DRESS DESIGNER and PATTERN MAKER. Previously has worked at Ltd. “Narciss” as pattern maker. Currently is researching integration of electronic components into textiles.

E- mail: Madara.puce@rtu.lv

Ingrida Shahta, Ilze Baltina, Sanita Leitane, Madara Puce. Conductive Yarns

Electrically conductive yarns are able to provide both electrical/electronic and high-quality textile characteristics in the smart textiles with a high level of artificial intelligence and a high degree of electronic component integration in the textile structure. It is feasible to incorporate them into the fabrics by weaving, sewing or knitting. Depending on the connection type in the electric circuit, conductive yarns can form conductive traces or sheaves, which are composed of separated conductors. In the research the following materials are usually used: metal wires and cables, non-metallic carbon fiber textile yarns and filamentary constructions with metal particles, which may be divided into the twisted yarns, multi-filamentary and galvanic coated multi-filamentary yarns.

The paper explains such concepts as smart textile with integrated electronic/electrical systems, conductive yarns and textile switch, as well as replacement alternatives for wires in the smart textiles and their methods. The experiments with different conductive yarns are analyzed in order to determine the suitability for integration into the fabrics the components of electrical systems: for example, the silver coated yarns have a higher electrical resistance coefficient of variation and a different electrical resistance under the strained and free condition. The manufacturing technologies of the electrically conductive yarns and the used materials have a significant impact on the properties of electrical resistance. The integration options of conductive yarns in such an electrical system element as switch are also discussed.

Ингрида Шахта, Илзе Балтыня, Санита Лейтани, Мадара Пуце. Электропроводящие нити

Электропроводящие нити способны обеспечить как электрические/электронные свойства, так и высокое текстильное качество в интеллектуальном текстиле с высоким уровнем искусственного интеллекта и высокой степенью интеграции в ткани. Нити возможно интегрировать в структуру ткани с помощью ткачества, шитья или вязания. В зависимости от типа соединения, электропроводящие нити могут образовывать проводящие полосы или пучки, состоящие из отдельных проводов. В исследованиях обычно используются металлические провода и кабели, неметаллические углеродные волокна и нитевидные конструкции с металлическими частицами, которые в свою очередь могут быть подразделены на крученые нити, мультифиламентные нити и мультифиламентные нити с металлическим покрытием.

В статье объяснены такие понятия, как интеллектуальный текстиль со встроенными электронными и электрическими системами, текстильный коммутатор, а также рассмотрены альтернативные варианты замены проводов в интеллектуальном текстиле и методы их интеграций. Анализированы эксперименты с нитями различной электропроводности при определении их пригодности для интеграции в ткани как компонентов электрических систем. Например, нити с серебряным покрытием имеют более высокий коэффициент вариации электрического сопротивления и различные показатели электрического сопротивления в напряженном и свободном состояниях. Производственные технологии и качество электропроводящих нитей, а также использованные материалы имеют значительное влияние на свойства электрического сопротивления. В статье также рассмотрены такие возможности интеграции такого элемента электрической системы, как коммутатор.