

Plakano induktīvo elementu dizains

Inga Dabolina¹, Juris Blums², ¹⁻²Rīga Technical University

Kopsavilkums. Darbā pētītas plakano induktīvo elementu dizaina izveides variācijas, to priekšrocības un trūkumi, parādītas dažādas dizaina izveides iespējas, to automatizācija. Rakstā doti vairāki plakanās spoles dizaina variāciju aprēķini, izveidoti dizaina paraugi. Rakstā dota plakanās spoles dizaina parauga tehniskā specifikācija, kurā uzrādīti tās fizikālie raksturlielumi un izveides parametri. Raksturoti pamatpaņēmieni un noteikumi, kas jāievēro plakano induktīvo elementu dizaina izveidē.

Atslēgas vārdi: viedtekstilijas, plakanā spole, funkcionālais dizains.

I.IEVADS

Pētījumi viedtekstiliju jomā kļūst arvien populārāki. Tekstiltehnoloģiju, datorzinātņu, inženierzinātņu, materiālzinātņu un citu jomu sadarbība un attīstība veicina arvien jaunu funkcionālo tekstiliju radīšanu un attīstību. Pielietojums šādām viedtekstilijām var būt visdažādākais: apģērba vizuālo īpatnību izmaiņa (mirdzošs tērps, tērps ar uzrakstiem u.tml.), apģērba ar integrētām funkcijām izveide (sildošs, atvēsinošs apģērbs u.c.), apģērbs, kas reaģē uz apkārtējo vidi un dod ziņas par valkātāju (medicīnas lietojums, valkātāja izsekošana utt.), kā arī citi lietojumi [1; 2].

Viedtekstiliju sistēmām jābūt efektīvām, vieglām, slēptām un jāspēj sadarboties ar vides stimuliem, ierosinājumiem [3; 4]. Šādu sistēmu veidošanā galvenais uzdevums ir panākt, lai esošās tehnoloģijas spēj sadarboties, rast jaunus risinājumus – tādējādi panākot jaunu viedtekstiliju izstrādi.

Ja viedtekstiliju sistēma tiek veidota kā apģērbs ar noteiktu funkciju, tad integrētajiem sensoriem un raiduztvērējiem, kā arī sistēmas barošanas līdzekļiem jābūt pēc iespējas nepamanāmākiem, viegliem un valkātāja kustības neierobežojošiem. Kā šādu apģērbu funkcionalitātes uzturēšanas enerģijas avots visbiežāk tiek izmantoti akumulatori vai baterijas, taču arvien populārāk kļūst veidot sistēmas, kur cilvēka kustības izmanto enerģijas vai signālu radīšanai [3; 5].

Pašlaik piedāvātie cilvēka kustību enerģijas pārveidotāji tiek veidoti kā telpiskas iekārtas, kuras nevar integrēt apģērbā, kas sastāv pēc būtības no plakaniem elementiem, tās var būt tikai nēsājamās iekārtas.

Agrāk jau bija ziņots [8], ka, aizvietojojot tradicionālo cilindrisko induktīvo elementu (spoli) kustību enerģijas pārveidotājā ar spirālveidīgu, ir iespējams izveidot enerģijas pārveidotāju, nevis ar magnēta kustību spolē, vai caur to, bet ar magnēta kustību gar plakano induktīvo elementu. Šāda konstrukcija ļauj izmantot apģērba daļu kustības enerģijas ģenerēšanai, jo apģērbā pārsvarā notiek tieši šādas kustības (viena apģērba elementa kustība gar citu). Ģenerators plakanā

konstrukcija arī ļauj integrēt to apģērbā bez īpašību izmaiņām un saglabājot nemainīgu ārējo izskatu.

Plakano induktīvo elementu integrēšana var notikt gan paslēpjot tos zem (starp) apģērba kārtām (slāņiem), gan arī veidojot tos kā rotājumus (dizaina elementus).

Pētījuma mērķis ir izpētīt iespēju, kā pielietot tradicionālos rokdarbu paņēmienus plakano induktīvo elementu radīšanai apģērbā un aksesuāros integrējamiem enerģijas pārveidotājiem.

II.INDUKTORU IZVEIDE

Viedapģērba izveidei piemērotākās ir tās elektroniskās sistēmas, ko iespējams izveidot uz tekstilmateriālu bāzes [6]. Induktorus var izstrādāt gan ar dažādu rokdarbu palīdzību (izšūšana, tamborējums, tinums u.c.), gan mašīndarbu (mašīnizšūšana, automatizēts tinums u.c.), gan ar pārklājumu izveidi tieši uz tekstilmateriāla (elektrovadošās tintes, kodinājums folijā u.c.). Lielākā daļa no minētajām tehnoloģijām ierasti tiek izmantotas apģērba dekorēšanai. Apģērbā integrēto elektroniku, kas izveidota ar dekoratīvām tehnoloģijām, atšķirībā no līdzšinējās pieredzes, var izmantot tieši apģērba dizainā, tā noformējuma veidošanā. Šāda pieeja ļauj integrēt funkcionālo sistēmu nevis apģērba starpslānī vai apakšslānī, bet virsējā slānī (dekorācija).

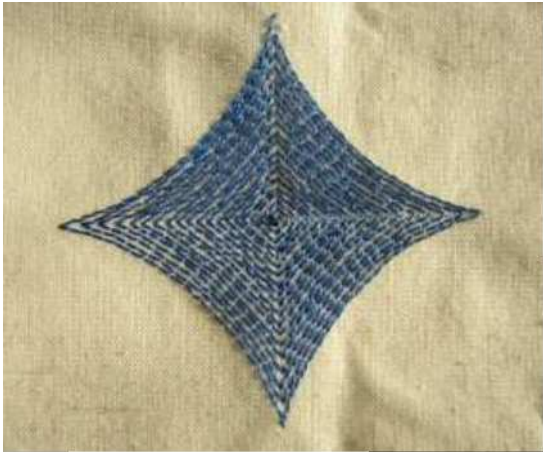
A.Izšūta plakanā spole

Lai izveidotu funkcionāla dizaina paraugu – izšūtu induktoru, ir nepieciešams elektropavediens, kurš, pakļaujot izšūšanu slodzei, saglabā savas elektrovadošās spējas. Izšūšanai var lietot gan manuālās (1.att.), gan automatizētās metodes (lietojot CNC – *computernumericalcontrol* izšūšanas mašīnas) (2.att.).



1.att. Manuāli uzšūta (izšūta) plakanā spole (autore I.Šahta)

Izšūjot manuāli, elektropavediens tiek pakļauts mazākai slodzei, tādēļ var tikt izmantots traušlāks pavediens, savukārt mašīnizšūšanā pavediens tiek pakļauts vairākkārtējai mehāniskai iedarbībai, kas var izraisīt tā bojājumus vai pārrāvumus.



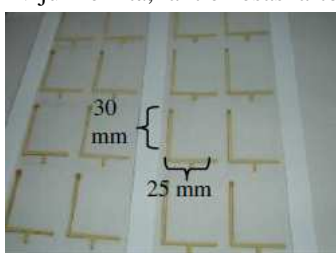
2.att. Automatizēti uzšūta (izšūta) plakanā spole (autors U.Briedis)

Lielākā daļa tirgū pieejamo elektropavedienu, kas piemēroti mašīnizšūšanai, lietojami tikai apakšējā spolītē, tādējādi tie tiek pakļauti mazākai mehāniskai iedarbībai [3; 4].

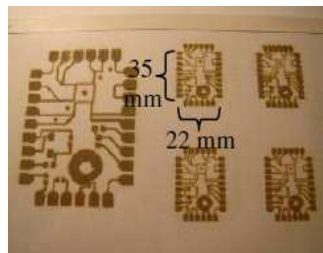
Savukārt izšūjamai drānai tiek izvirzītas visai minimālas prasības – izšūšana notiek, iespējot drānu izšūšanas rāmī.

B.Plakanās spoles izveide ar pārklājuma palīdzību

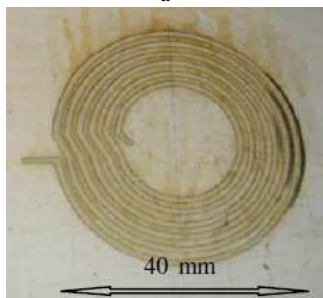
Pārklājumu var izveidot vairākos veidos: kā sietspiedes apdruku, uzprintējot, uznesot ar šablonu [4]. Ar pārklājumu veidojot plakanās spoles, nepieciešams ievērot distanci starp vijumiem tā, lai tie nesaskartos.



a



b



c



d

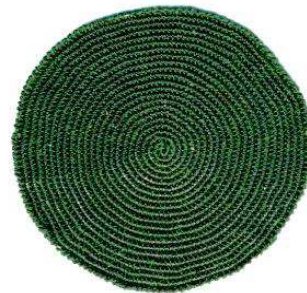
3.att. Sudraba pārklājums (7)

a) Mobilā telefona antenas uzdrukātas uz caurspīdīgas plēves; b) Shēmas uzdrukātas uz caurspīdīgas plēves; c) Spole uzdrukāta uz kokvilnas auduma, d) RFID antena ar metāliskiem savienotājiem uzdrukāta uz papīra.

3.attēlā redzamajos piemēros sudraba pārklājumi izveidoti trīs ciklu procesā, kur vispirms uzklāta askorbīnskābe, tad paraugs apžāvēts un uzklāta sudraba nitrātu nanodaļiņas saturošā tinte (silvernitrāte)[7].

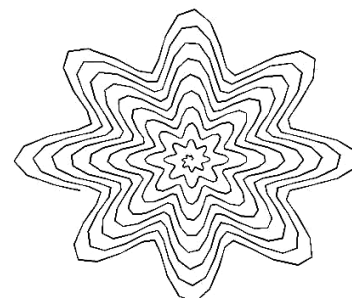
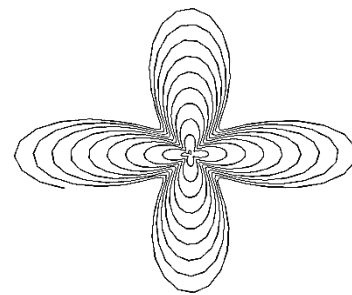
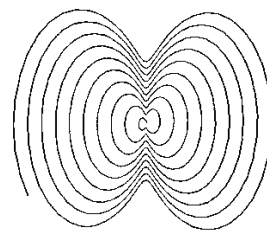
C.Tamborēta plakanā spole

Ja divi iepriekšminētie spoļu izveides paņēmieni ir iespējami ar pilnīgas vai daļējas automatizācijas palīdzību, tad tamborētas spoles izveide ir tikai roku darbs, kas sarežģīt un padara ilgāku spoles izveidi, bet ļauj padarīt produktu individuālu un mākslinieciski pievilcīgu.



4.att. Tamborēta plakanā spole (autore I.Dāboliņa)

Tā, piemēram, tamborējot (4.att.) plakanu, apaļas formas spoli, nav iespējams pielietot automatizāciju (tamborēšanas iekārtas izveidotas Japānā un paredzētas tikai lokšņu drānas tamborēšanai, nevis radiālas formas motīviem). Lai panāktu maksimālu vijumu skaitu mazā izmērā, nepieciešams tamborēt ļoti plānu pavedienu (4.attēlā redzamajai spolei 80. numura kokvilnas spolišu diegs).



5.att. Plakano spoļu dizaina variācijas

III. INDUKTORU (PLAKANO SPOĻU) FUNKCIONĀLAIS DIZAINS

Plakanie induktīvie elementi cilvēka kustību enerģijas pārveidošanas ierīču ar plaknes struktūru integrēšanai apgērbā [8] tiek izveidoti kā kompakti elektropavediena vijumi ar pieaugošu rādiusu. Šiem vijumiem var būt dažādas formas (atkarībā no spoles formas mainās tās parametri): apaļa, kvadrātveida, astroīda un citas koncentriskas formas (5.att.), bet vijuma virzienam jāpaliek nemainīgam.

5.attēlā parādītās spirālveidīgās struktūras veidotas vienādojumā:

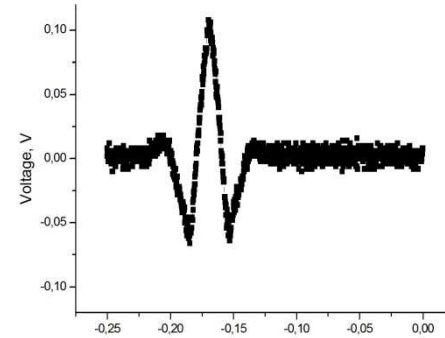
$$x^2 + \frac{y^2}{\varphi^2} = (A\varphi + B\cos^2(C\varphi))^2 \quad (1)$$


Lai iegūtu dažādas struktūras, vienādojumā (1) maina A, B un C konstantes skaitliskās vērtības.

Katru no šiem dizaina veidiem ar tekstilmateriālu palīdzību iespējams īstenot kā dizaina elementu, kuru pēc izveides pārbauda un apraksta tā īpašības. Izstrādātajiem dizaina paraugiem, aprakstot īpašības, tiek izveidota tehniskā specifikācija (skat.piemēru 1.tabulā), kurā norāda izstrādātā parauga nosaukumu, apraksta tā izgatavošanas tehnoloģiju, izpildījumu, lietotos materiālus, formu un fizikālos rādītājus (vijumu skaitu, masu, biezumu, pretestību, maksimālo spriegumu, vidējo attīstīto jaudu un impulsa garumu).


1. TABULA

TAMBORĒTAS PLAKANAS SPOLES PARAUGA SPECIFIKĀCIJAS PIEMĒRS

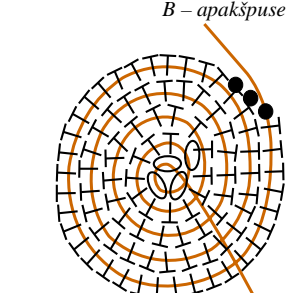
N.p.k	Pozīcija	Parametri
1.	Nosaukums	Apgērbā un aksesuāros integrējama plakanā spole
2.	Apraksts	Tamborēta, apaļa, apgērbos un aksesuāros integrējama plakanā spole izveidota, uzsākot apla tamborējumu ar trīs cilpiņām (skatīt attēlu C), turpināts tamborēt spirāles veidā (neatdalot apla tamborējuma rindas), cilpiņu lokā ietamborējot (centrā) desmit īsos stabiņus bez apmetuma, spirālveidā turpina tamborēt 18 rindas, tamborējot vienu vai divus īsos stabiņus katrā iepriekšējā, veidojot plaknes formu, pēdējo rindu noslēdzot ar trīs savienotājcilpiņām. Katrā kārtā tamboradata ievadīta aiz abām stabiņa cilpiņas malām, apņēmot elektropavedienu.
3.	Forma	Aplis
4.	Izpildījums	Roku darbs
5.	Tehnika	Tamborējums (tamboradata #16)
6.	Vijumu skaits	18
7.	Materiāli	Kokvilnas diegs „ЭКСТРА” No.80 ГОСТ 6309-59 Lakota vara stieple \varnothing 0,2 mm
8.	Masa	m=0,721 g
9.	Biezums	b _{vid} = 0,78 mm
10.	Pretestība	~ 0.7 Ω
11.	Max spriegums	0.119 V
12.	Vidējā attīstītā jauda (sprieguma impulsa laikā)	1.04 mW
13.	Impulsa garums	0.0451 sec
14.	Ģenerētā impulsa forma (magnētām vienu reizi noejot gar spoli)	







A – virspuse



B – apakšpuse

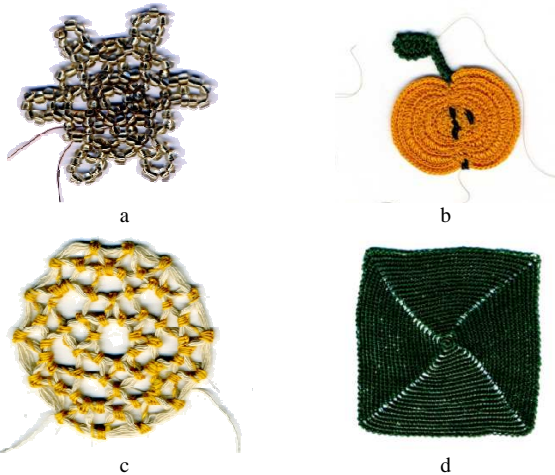


C – tehniskais zīmējums

APZĪMĒJUMI:
 īsais stabiņš
 cilpiņa
 savienotājcilpiņa
 elektropavediens

Tāpat tehniskajā specifikācijā tiek norādīts izstrādājuma attēls (labā un kreisā puse), tehniskais zīmējums, tajā lietotie apzīmējumi un ģenerētā impulsa forma.

Pētījuma laikā izveidoti vairāki paraugi (6.att.), kurus, attīstot to dizainu, piemeklējot atbilstīgus elektropavedienus, iespējams pilnveidot to lietošanai nepaslēptā veidā (uz apģērba virsmas).



6.att. Plakano spoļu dizaina paraugi: a) tīkla struktūras pārļota spole; b) „ābolītis” – spirāle, kas būvēta uz kardioīdas pamata formas tamborēta spole; c) tīkla struktūras autortehnikas spole; d) kvadrātveida tamborēta spole

Izveidojot šādus dizaina paraugus, svarīga ir elektropavediena izolācija. Tamborējot elektropavediens tiek aptamborēts, tādējādi elektropavedieni tiek izolēti viens no otra ar kokvilnas pavediena kārtu (6.att.b un d), savukārt pārļotajai spolei (6.att.a) elektropavediens ir lakota vara stieple – izolāciju veido lakas kārtiņa, taču 6.att. c paraugam izveidotās daudzslāņu kārtas savstarpēji saskaras, līdz ar to nav iespējams izmantot to strāvas inducēšanai.

IV.SECINĀJUMI

Apģērbā integrējamas plakanās spoles izveidi uz drānas var veikt: ar pārklājuma palīdzību un/vai elektropavediena integrēšanu.

Rokdarbu tehnikā izveidoto spoļu iegūšanai nepieciešams ieguldīt vairāk resursu, taču iespējams panākt dažādus dizaina paraugus, kuru automatizācija nav iespējama.

Izveidojot induktoru ar labām ārējām īpašībām un augstiem lietderības rādītājiem, iespējams iegūt funkcionāla dizaina risinājumu, kur spole nav jāpaslēpj apģērbā, bet tās integrēšana var notikt arī dekoratīvos nolūkos.

Atkarībā no spoles formas mainās tās parametri un iegūstamā enerģija.

Lai spole būtu lietderīga un izmantojama kā induktors, tās kārtām jābūt savstarpēji izolētām.

APLIECINĀJUMS

Šī publikācija izstrādāta un sagatavota Eiropas Sociālā fonda līdzfinansēta projekta "Starpnozaru zinātniskās grupas izveidošana viedo tekstiliju jaunu funkcionālo īpašību attīstīšanai un integrēšanai inovatīvos izstrādājumos" Līgums Nr. 2009/0198/IDP/1.1.1.2.0./09/APIA/VIAA/148 ietvaros.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Gould Paula .Textiles gain intelligence. 10.; Elsevier Science Ltd., 2003. gada October, Materials Today, Sēj. 6, lpp. 38-43. doi:10.1016/S1369-7021(03)01028-9 .
- [2] Johan, Hermans Bart un Puers Robert.Integrating wireless ECG monitoring in textiles. Coosemans Belgium : Elsevier, Science Direct, 2005. gada, Sensors and Actuators, lpp. 48-53. A 130–131.
- [3] Roh Jung-Sim, u.c.Characterization of embroidered inductors. IOP Publishing Ltd., 2010. gada, Smart Materials and Structures, Sēj. 19, lpp. 12.
- [4] Roh Jung-Sim, Chi Yong-Seung un Kang Tae Jin.Wearable textile antennas. 3.; Taylor & Francis, 2010. gada, International Journal of Fashion Design, Technology and Education, Sēj. 3, lpp. 135-153. ISSN 1754-3266 (print) ISSN 1754-3274 (online).
- [5] Terlečka Gaļina, Viļumsone Ausma un Blūms Juris.The Electrodynamic Human Motion Energy Harvester in Smart Clothes. Francija, Mulhouse : 150 Years of Research and Innovation in Textile Science: Book of Proceedings, 2011. lpp. 866-870.
- [6] Catrysse M, u.c.Towards the integration of textile sensors in a wireless monitoring suit. Belgium : Elsevier, Science Direct, 2004. gada, Sensors and Actuators, lpp. 302-311. A 114.
- [7] Bidoki, S M, Lewis D M u.c.Ink-jet fabrication of electronic components.: IOPscience, 2007. gada, Journal of Micromechanics and Microengineering, lpp. 967-974. doi:10.1088/0960-1317/17/5/017.
- [8] J.Blums, G.Terlečka, A.Vilumsone. The Electrodynamic Human Motion Energy Converter with Planar Structure. Advanced Materials Research Vol. 222 (2011) pp 36-39



Inga Dabolina

Dr.sc.ing. Docent, Sen. Researcher
Development and optimization of garment
designtechnological process, CAD/CAM systems in
product design, innovative materials and technologies,
3D body measurements
Riga Technical University, Institute of Textile
Materials Technologies and Design, Āzenes 14-319, Riga
LV-1048, Latvia, +371 67089565, inga.dabolina@rtu.lv



Juris Blums

Dr. phys., As. Professor, Sen. Researcher
Energy harvesting for portable and wearable application,
optical testing of thin films and coverings, laser-matter
interaction, education research.
Riga Technical University, Technical Physics Institute,
14/24 – 322 Azenes Street, Riga, LV-1048, Latvia.
blum@latnet.lv

Inga Dabolina, Juris Blums. Design of Planar Inductors

The aim of this research is to elaborate the design of planar inductor and to provide an example of design process. Planar coils are used as planar inductors. In the paper, different materials, structures and forms used for designing the planar inductor are described. Experimental part of this research provides elaboration, description, evaluation and comparison of different planar coils. Needlework (as embroidery, crochet, etc.) is used to integrate conductive threads into clothing elements, and it is the basic technique of planar coil creation in this research. Handicrafts in comparison with CNC machine needlework are more time- and material-consuming, but nevertheless the result of sample is more sophisticated and individual. In order to study the energy harvesting devices with planar structure and their integration into the clothes, the planar coils are implemented as functional design samples. The technical specification of planar coil is given. There are several descriptors in the technical specification: title, technology and/or method of implementation, materials used, form and physical parameters (as number of turns, mass, density, resistance, max voltage, power, and length of impulse). For example, design of crocheted planar coil is evaluated and this coil has the following parameters: resistance ~ 0.7 Ω , max voltage generated 0.119V, power developed 1.04mW, length of impulse 0.0451 sec. The form of generated impulse is gained in frequent magnet move over coil inducing the pulses of voltage. Description of main methods for planar coil as a design element in garment is provided in the paper. As a result, several samples are created, and their description is provided in the paper. Depending on the number of planar coil turns and its form, the energy harvested from this element differs. For some techniques, the turns of planar coil should be isolated.

Инга Даболнина, Юрис Блумс. Дизайн плоских индуктивных элементов

Целью исследования является разработка дизайна плоских индуктивных элементов, приводятся образцы процесса. В качестве плоских индукторов предлагаются спиралевидные структуры. Описано использование различных материалов, структур и форм для плоских спиралевидных систем. Экспериментально создавались образцы различных плоских индукторов, создавалось их описание, сравнивались параметры. Вышивка, плетение кружев и др. использовались для интегрирования электропроводящих волокон в элементы одежды и являлись основными методами создания плоских индукторов в данном исследовании. Ручная работа является более трудоемким процессом по сравнению с машинным изготовлением, но позволяет создавать более индивидуальные и сложные образцы. Плоские индукторы созданные методом функционального дизайна исследовались как элементы преобразователей энергии движения человека в электрическую энергию. Приводится образец технической спецификации образца. Основные параметры описания: название, технология/метод создания, использованный материал, физические параметры (количество витков, масса, плотность, сопротивление, максимальное напряжение, мощность и длительность импульса). Исследована производительность кружевного индуктора и определены следующие параметры: сопротивление около 0,7 Ом, максимальное напряжение 0,119 В, мощность 1,04 мВт и длительность импульса 0,0451 сек. Приводится форма генерированного импульса напряжения. Описаны основные методы создания плоских индукторов как элементов дизайна. В зависимости от количества и формы витков меняется мощность преобразователя. Для некоторых форм приводится дополнительное требование электроизоляции витков.