

Aproximácia prevodovej charakteristiky senzora vlhkosti splajnovou funkciou

Spodniak Pavel, Pančík Juraj, Spodniak Peter

Abstrakt

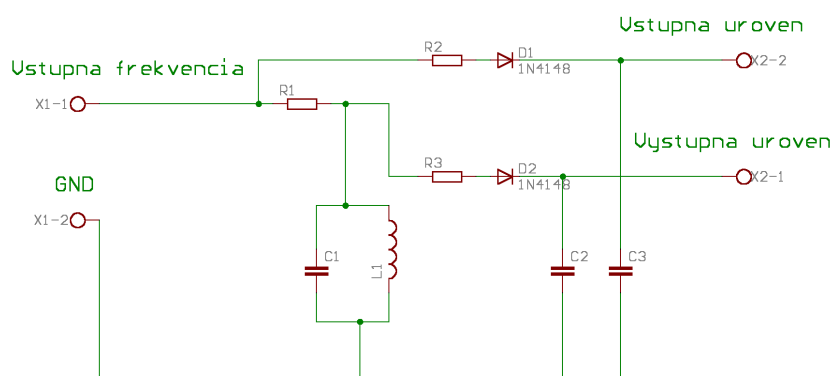
V príspevku je uvádzaný spôsob hľadania funkcie prevodovej charakteristiky senzora vlhkosti dreva pomocou Matlabu. Na súbore hodnôt získaných experimentálne boli hľadané funkčné závislosti vlhkosti a výstupných elektrických parametrov vzorky dreva. Pre kvantifikovanie funkčných závislostí boli použité kubické polynomiálne funkcie a funkcia b – splajnu. Výsledky porovnania obidvoch metód a vhodnosť ich aplikácie pre skúmaný senzor vlhkosti sú obsahom uvádzaného príspevku. Senzor vlhkosti využíva dielektrické vlastnosti vlhkého dreva.

Abstract

In abstract is usher style functional description transfer characteristic curve performance chart for humidity sensor of woods with Matlab. On file receives experimental were they research operational dependencies humidity and outputs electric parameters samples woods. For quantified functionally dependencies were they employed cubic polynomial functions and functions b – spline. Results comparison both of them system and them applications for examined humidity sensor are contents usher contributions. Humidity Sensor make use of dielectric facilities damp woods.

Úvod

Jedným z hlavných úloh pri návrhu senzora je jeho čo najpresnejší popis s cieľom optimálneho využitia v praxi. Preto je potrebné matematickým aparátom popísať základnú charakteristiku senzora – jeho prevodovú charakteristiku. Meranie na reálnom senzore ukazuje, že výsledky merania sú zaťažené chybami. Nepoznáme však vždy všetky príčiny nepresností tak, aby sme ich vedeli jednoznačne popísať matematickými funkciami.



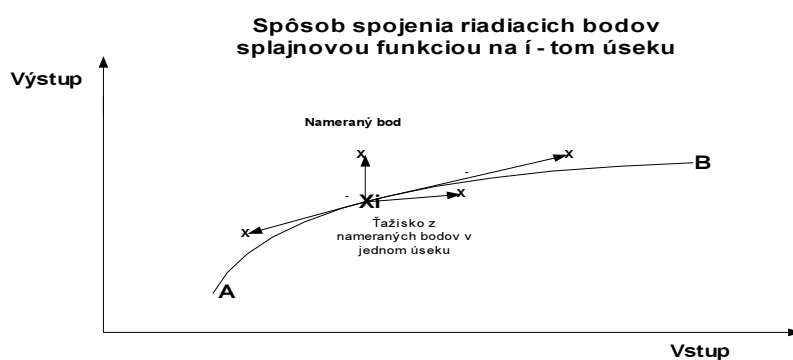
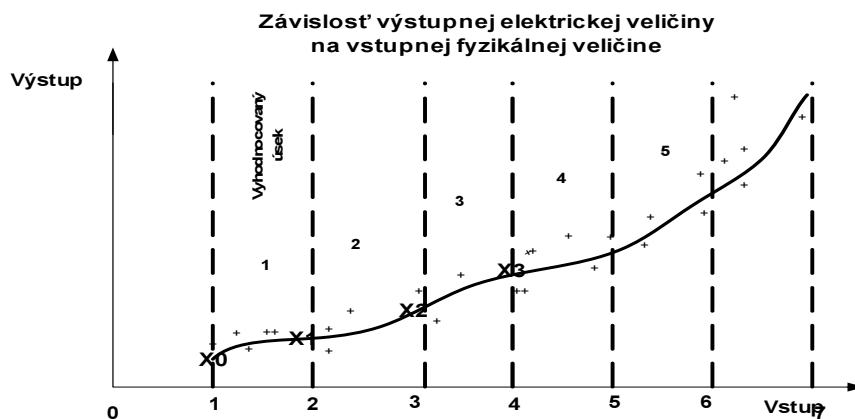
Obr.1. Principiálna elektrická schéma senzora

Pri návrhu senzora vlhkosti v rámci riešenia výskumnej úlohy bol navrhnutý nový spôsob merania vlhkosti v dreve. Spomenutý spôsob merania vlhkosti využíva zmenu parametrov odporu a kapacity meracieho rezonančného obvodu vplyvom prítomnosti vody v meranej vzorke dreva. Bol zvolený paralelný rez. obvod. Týmto spôsobom je zabezpečené, že parazitné kapacity prírodov k meraciemu rezonančnému obvodu nemajú vplyv na vlastnosti

obvodu. Navrhnutý senzor vlhkosti je koncipovaný ako citlivá časť snímača v rámci návrhu inteligentného senzora. V laboratórnych podmienkach boli vykonané merania na vzorkách dreva, smrek, dub a buk. Pre vyhodnocovanie boli zvolené vzorky zo súboru smrek. Bolo odmeraných 120 vzoriek dreva. Sledoval sa vplyv vlhkosti v dreve na zmenu rezonančnej frekvencie a vplyv vlhkosti na veľkosť stratového odporu v meracom paralelnom rezonančnom obvode. Vlhkosť vzorky bola určená váhovou metódou.

Metóda vyhodnocovania nameraných súborov

Cieľom vyhodnocovania je nájsť matematický model snímača vlhkosti. Teda popísať jeho prevodovú charakteristiku. V rámci hľadania optimálnych ciest vyhodnotenia sme experimentálne získaný súbor . podrobili analýze. Hľadali sme závislosti zmeny rezonančnej frekvencie meracieho obvodu $f_{rez} = f(\text{vlhkosti})$ a stratového odporu meracieho rezonančného obvodu $R_p = f(\text{vlhkosti})$. Boli zvolené dve metódy. Výsledky obidvoch metód sme v závere porovnali.



Obr.4. Určenie riadiacich bodov pre splajnovú funkciu

Ako porovnávaciu sme použili metódu najmenších štvorcov. Hľadali sme koeficienty polynómu 3. stupňa tzv. „kubika“. Kubický polynóm je štandardný tvar aproximačnej funkcie využívaný pri modelovaní kriviek v počítačovej grafike. Druhá metóda využíva spôsoby hľadania kriviek metódami známymi z počítačovej grafiky. Zvolili sme ako základný

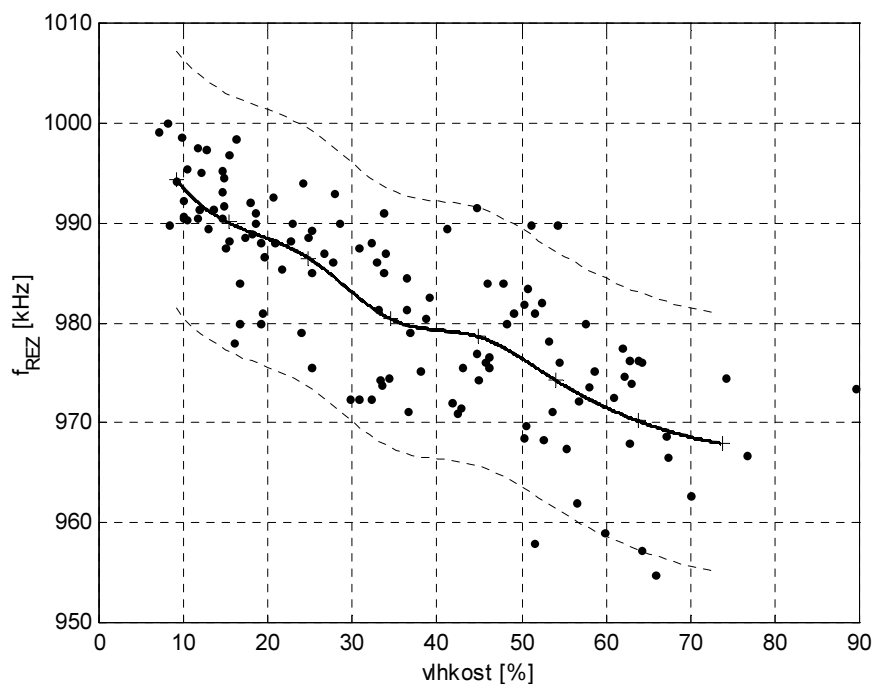
model splajnovú kubickú interpoláciu. Je to spôsob, kedy hľadanú aproximačnú krivku pochádza cez všetky referenčné body. Splajnová krivka je zložená z n - úsekov. Teda výsledkom aproximácie je množina n -funkcií definovaných vždy len na príslušnom vyhodnocovanom úseku. Pre aplikáciu v prípade, že je nameraná rozsiahla množina meraných bodov nie je možné použiť všetky ako riadiace body splajnu. Zvolili sme spôsob rozdelenia množiny nameraných bodov na n úsekov do ktorých bolo zaradených príslušný počet bodov zo základných nameraných súborov.

Na každom zvolenom úseku z nameraných bodov sme vypočítali ťažisko. Súradnice všetkých ťažísk sme považovali za riadiace body aproximácie metódou splajnov. Odpoveď na otázku, koľko riadiacich bodov je potrebné pre dobrú aproximáciu, nie je jednoznačná. Malý počet riadiacich bodov aproximuje k jednej funkcii a teda stráca sa vlastnosť presne popísať priebeh prevodovej charakteristiky a naopak príliš veľký počet riadiacich bodov a spôsobuje nevhodné tvarovanie prevodovej charakteristiky.

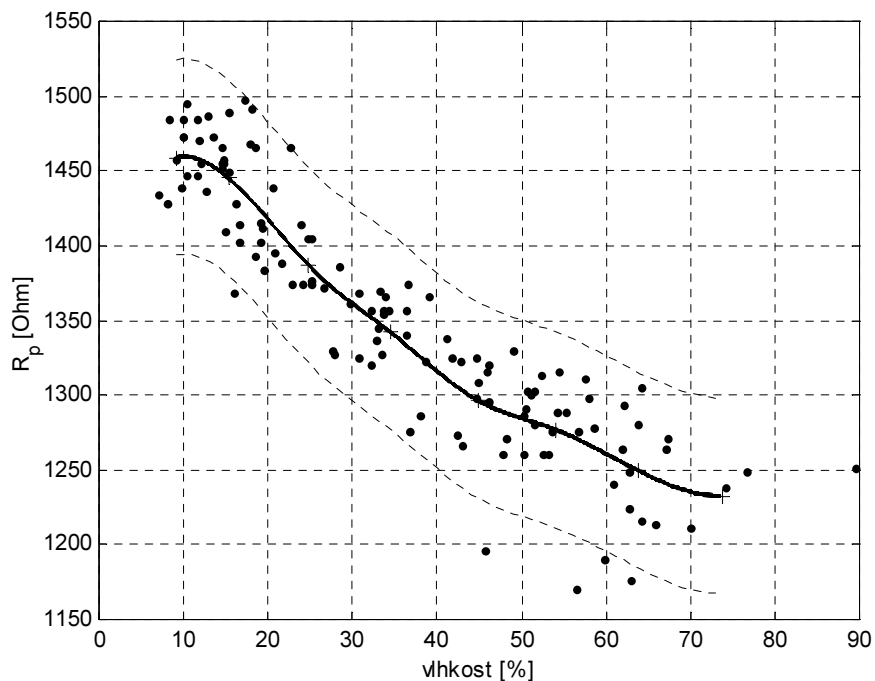
Vyhodnotenie súborov metódou splajnov.

Navrhnutými metódami sme vyhodnotili súbor $f_{rez} = f$ (vlhkosti) a $R_p = f$ (veľkosti). Pre skúmaný typ súboru bolo zvolených 8 riadiacich bodov.

Pre vizuálne porovnanie sme vyznačili oblasti hodnôt veličín do ktorých pripadlo 95 % všetkých nameraných bodov. Iné štatistické kritéria neboli pri vyhodnocovaní uvedených súborov použité.



Obr.5. Splajnová funkcia pre rezonančné frekvencie senzora.



Obr.6. Splajnová funkcia pre stratový odpor R_p senzora.

Vypočítané hodnoty splajnovej funkcie pre stratový odpor R_p

Súradnice ťažiska riadiaceho bodu

os x	os y
0,0905	1459,9
0,1530	1445,4
0,2482	1386,5
0,3454	1342,1
0,4497	1342,1
0,5596	1296,2
0,6383	1277,2
0,7369	1249,6

Koeficienty kubického polynómu splajnovej funkcie na príslušných úsekoch

a3	a2	a1	a0
19182	-6770	131	1459
19182	-3175	-490	1445
-11415	2303	-573	1387
10695	-1026	-449	1342
-13186	2321	-314	1296
5983	-1233	-216	1277
5983	540	-284	1250

Vyhodnotenie metódou najmenších štvorcov

Pre nájdenie prevodovej funkcie $f_{rez} = f(\text{vlhkosti})$ a funkcie $R_p = f(\text{veľkosti})$ sme pre porovnanie použili metódu najmenších štvorcov. Aproximačná funkcia je kubický polynóm.

Pre vyhodnocovaný súbor $R_p = f(\text{vlhkosti})$, platí: $y = a_3x_3 + a_2x_2 + a_1x + a_0$

Kde $a_3 = 538,7$
 $a_2 = -296,5$
 $a_1 = -445,1$
 $a_0 = 1512,1$

pre meranú vlhkosť skúmaných vzoriek dreva x v rozsahu 10 – 70%

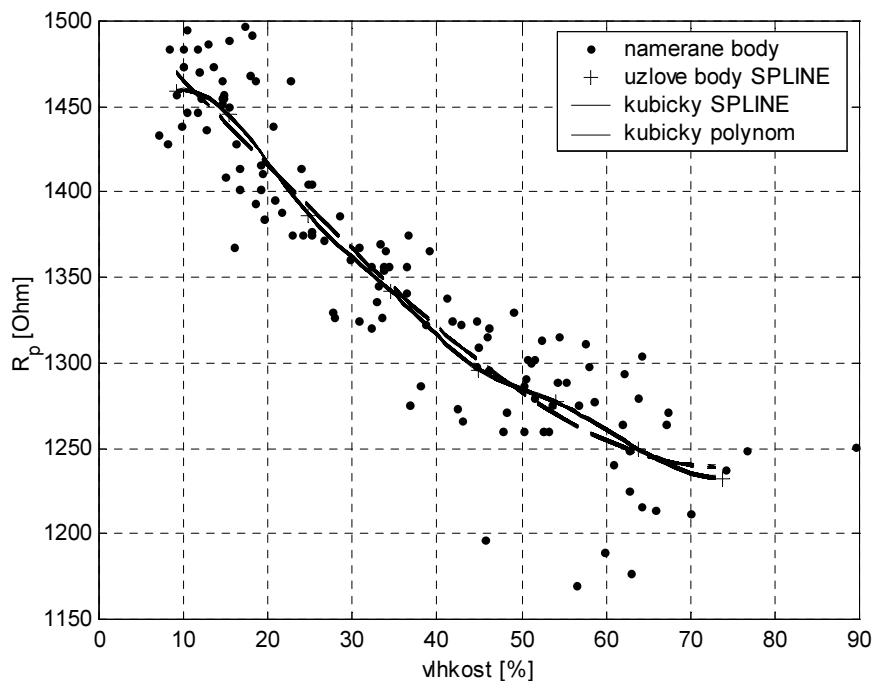
Porovnanie metód

Pre kvantitatívne porovnanie vhodnosti zvolenej aproximácie sme navrhli kritériálnu funkciu chyby ako súčet štvorcov rozdielu hodnoty funkcie a nameranej hodnoty pre všetky konkrétne namerané body.

$$J = \sum_{i=1}^n (y_{si} - y_i)^2$$

[1]

kde y_{si} je funkčná hodnota v bode
 y_i je nameraná hodnota v bode



Obr.7.Porovnanie aproximácie splajnom a kubickým polynómom pre stratový odpor R_p .

Uvedenú kriteriálnu funkciu sme použili pre kubickú aproximáciu jedným polynómom ako aj splajnovú aproximáciu.

$$J_{\text{polynóm}} = 114920$$

$$J_{\text{splajn}} = 118040$$

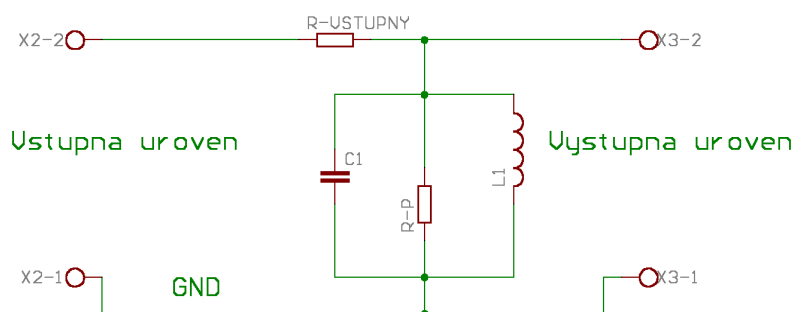
Percentuálne porovnanie obidvoch aproximácií.

$$\frac{J_{\text{polynóm}} - J_{\text{splajn}}}{J_{\text{polynóm}}} \cdot 100\% = 2,7\% \quad [2]$$

Z uvedeného vyplýva, že pre vyhodnocovaný typ nameraného súboru nová metóda splajnov nepriháša očakávané lepšie výsledky, pretože rozdiel obidvoch porovnávaných metód aproximácie je len 2,7 %.

Návrh optimálneho senzora

Citlivá časť senzora vlhkosti je navrhnutá ako paralelný rezonančný obvod (obr.1). Obecná náhradná schéma senzora (obr.8) používa odpor R_p , čo je náhradný paralelný odpor v rezonancii. Predstavuje kvalitu rezonančného obvodu, najmä straty v meranej vzorke dreva. Veľkosť stratového odporu koreluje s obsahom vody v materiáli drevnej vzorky(obr.6).



Obr.8. Náhradná schéma senzora vlhkosti

Všetky základné zložky R,L,C meracieho rezonančného obvodu ovplyvňujú sledovanú výstupnú veličinu,(obr.1.) ale vplývajú aj na rezonančnú frekvenciu senzora (obr.5.).

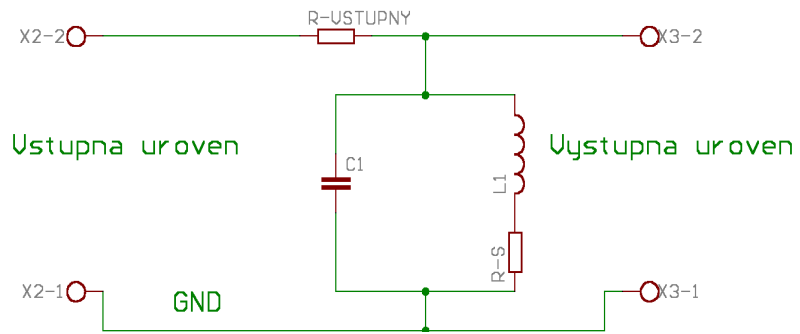
Pre kvantifikovanie zmien parametrov R,L,C pre rezonančnú frekvenciu senzora ω_0 platí

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1} - \frac{R_s^2}{L_1^2}} \quad [3]$$

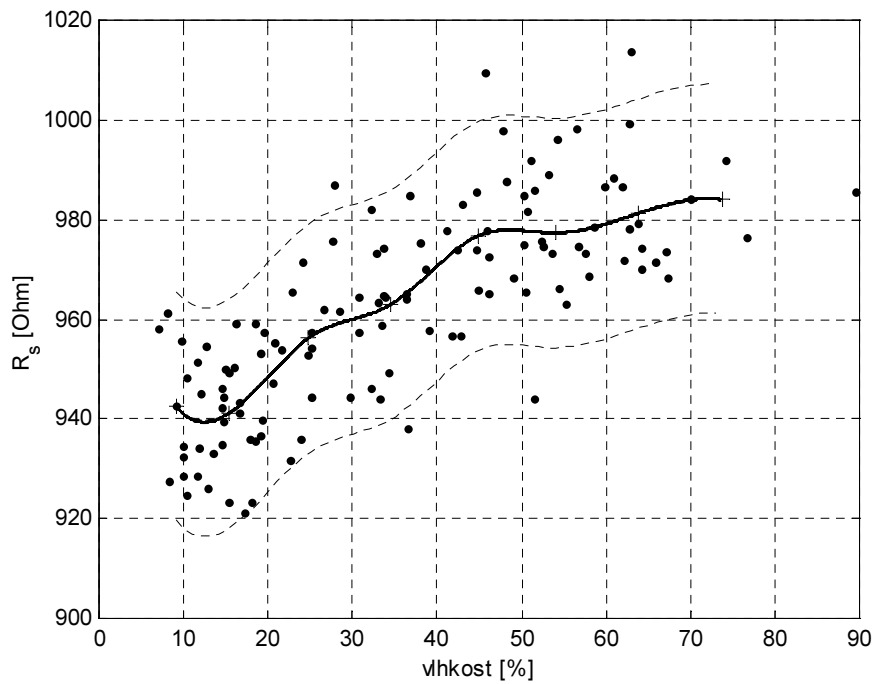
Kde R_s je stratový odpor reálnej cievky v rezonancii

Keďže meraním sme zistili R_p , čo je náhradný paralelný odpor v rezonancii, potrebujeme vypočítať jeho sériový ekvivalent R_s .

$$R_s = \frac{\omega_0^2 L_1^2}{R_p + j\omega_0 L_1} \quad [4]$$

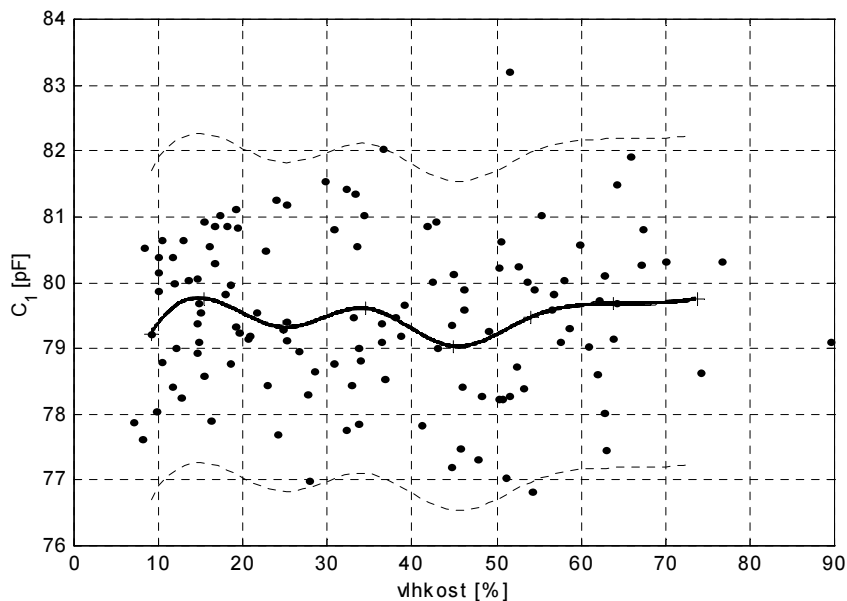


Obr.9. Transformácia paralelného modelu senzora na model s reálnou cievkou.



Obr.10. Splajnová funkcia pre stratový odpor R_s senzora.

S využitím vzťahov [3], [4] sme vypočítali kapacitu C_1 v meracom rezonančnom obvode pre merané vzorky dreva (obr. 11.).



Obr.11. Splajnová funkcia pre kapacitu C_1 senzora.

Záver:

Možno povedať, že aproximácia splajnami je nevýhodná pre relatívne jednoduché súbory, kde snímače nemajú nelinearity resp. nevyžaduje sa definovaný tvar priebehu prevodovej funkcie, ktorý splajnová aproximácia umožňuje presnejšie popísať, pretože poskytuje viac stupňov voľnosti v parametroch ako jeden kubický polynóm. Obecné je potrebné hľadať metódy, ktoré nevyžadujú náročné matematické postupy a súčasne umožňujú dosiahnuť, čo najvyššiu presnosť aproximácie.

Z výsledkov simulácie senzora tiež vyplýva, že na meranie vlhkosti materiálu nie je vhodné merať kapacitu, pretože výsledky merania ovplyvňujú straty v meracom rezonančnom obvode. Pri návrhu realizácie senzora vlhkosti pre materiál so stratami je vhodnejšie použiť stratový odpor meracieho rezonančného obvodu, lebo je to vhodnejší parameter pre určovanie vlhkosti.

Použitá literatúra

1. Aproximačné a interpolačné čiary: www.km.sjf.stuba.sk/Geometria/prednaska4.htm
2. SPLINE Interpolation and Aproximation of Data:
www.csit.fsu.edu/~burkhardt/m_src/spline/spline.html
3. Krivky v počítačové grafice:
<http://mdg.vsb.cz/jdolezal/Pgrafika/Prednaska/Krivky.html>
4. Splajny a NURBS: www.fi.muni.cz/~sochor/PB009
5. Diplomová práca : http://lubovo.misto.cz/_MAIL_/curves/obsah.html
6. Polynómy ako aproximujúce funkcie:
<http://math.chytrak.cz/math/polynomy/uvod.html>
7. Láníček, R.: Elektronika, BEN, Praha 1998

Kontakt

Ing. Pavel Spodniak, ., Katedra riadiacej a automatizačnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen,

e-mail: spo@vsld.tuzvo.sk

Doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc., Katedra riadiacej a automatizačnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen,

e-mail : pancik@vsld.tuzvo.sk

mobil : +421 908 963 289

tel : +421 48 45 52 066 37

tel. domov : +421 48 417 43 91

ICQ number: 252721351

Ing. Peter Spodniak, PPA Inžiniering Bratislava

e-mail: spodniak@ppabb.sk