



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, CZ



Výzkumné centrum - Textil

TECHNICKÁ ZPRÁVA
č. ISRN TUL – VCT/C – MŘTP/TZ - - 02/003/CZ

Sborník technických zpráv
Sekce C

Vývoj speciálních metodik měření, měřicích
zařízení a snímačů pro textilní průmysl

Sekce C - skupina "Mechatronické systémy"

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Identifikační kód projektu: **LN 00B090**

Nositel: Technická univerzita Liberec

Řešitel: Doc. Ing. Aleš Richter, CSc

Název projektu: Výzkumné centrum „TEXTIL“

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, CZ

VÝZKUMNÝ ÚSTAV TEXTILNÍCH STROJŮ

LIBEREC a.s.

U Jezu 4, 461 19 Liberec 4, CZ

TECHNICKÁ ZPRÁVA

č. ISRN TUL – VCT/C – MŘTP/TZ - - 02/003/CZ

Sborník technických zpráv

Sekce C

**Vývoj speciálních metodik měření, měřicích
zařízení a snímačů pro textilní průmysl**

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146088065

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Univerzitní knihovna

Voroněžská 1329, Liberec 1

PSČ 461 17

TZ 1

Liberec, prosinec 2002

Obsah

- 1. Dynamika rotoru s proměnnou hmotou. Měření a vyhodnocení**
- 2. Návrh metody selekce tenzometrů pro snímače tahu nití**
- 3. Vývoj nové generace snímačů pro mykací stroj a vývoj přístroje pro měření a analýzu vlastností přádelnických pramenů**
- 4. Vývoj přístroje pro měření a analýzu tahových sil nití a osnov a návrh snímačů s kladkovými výklopnými vodiči**
- 5. Zařízení pro měření hustoty resp. tvrdosti textilních návinů**
- 6. Snímač pro měření úhlové rychlosti a úhlu na průběžných hřídelích pomocí přístroje DMU 3**
- 7. Modernizace měřicího zařízení pro přesná dynamická měření úhlových rychlostí a úhlů DMU 3**
- 8. Přístroj P-TEST**
- 9. Pyrometr**

TU Liberec, fak. Mechatroniky
Katedra měření
Laboratoř technické diagnostiky a analýzy signálů

Dynamika rotoru s proměnnou hmotou. Měření a vyhodnocení.

Vypracoval: Doc. Ing. I. Jaksch, CSc.
 Ing. Petr Fuchs

V Liberci 12.10.2002

Přílohy: 139 ks

1. Úvod:

Cílem měření je zjištění dynamického chování vřetena zatíženého potáči s různou hmotou návínu a porovnání s vřeteny zatíženými hmotovými etalony s různým nevývažkem.

2. Postup a podmínky měření:

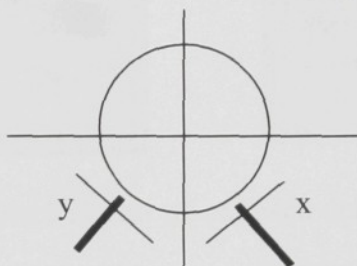
2.1 Postup měření:

Měření provedla Laboratoř technické diagnostiky a analýzy signálů Katedry měření ve spolupráci s řešitelem projektu Katedrou textilních strojů – Doc. J. Mrázkem, CSc. a Ing. S. Karpíškem. Na základě dohody byl stanoven postup měření. Celé měření bylo provedeno pod dozorem Ing. S. Karpíška. Vyhodnocení bylo provedeno společně s Doc. J. Mrázkem, CSc.

2.2 Měřené veličiny.

Byly měřeny následující veličiny:

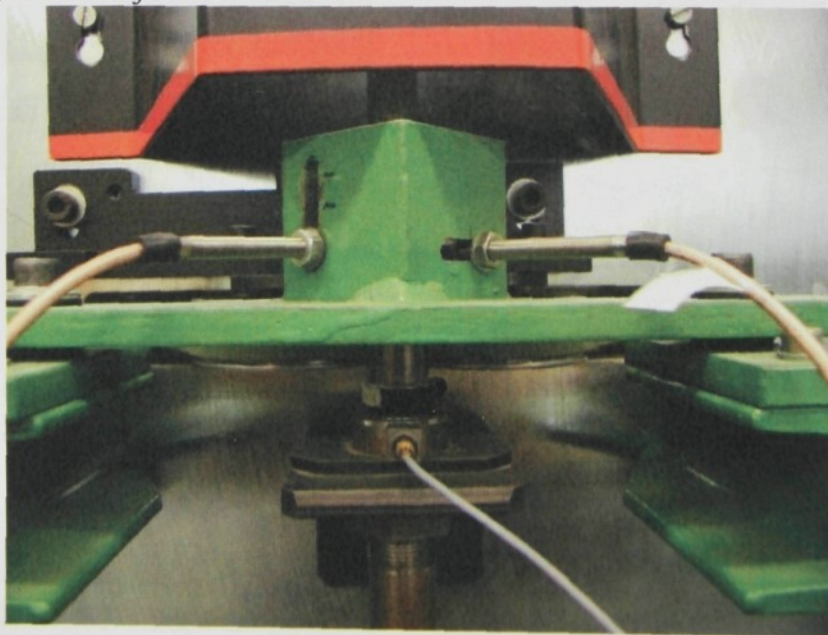
1. Dráha vřetena ve směru x (μm)
2. Dráha vřetena ve směru y kolmém na směr x (μm)- směr otáčení byl ve směru hodinových ručiček a signál y byl o 90° zpožděn oproti signálu x , viz. Obr.1



Obr. 1 Umístění snímačů dráhy

3. 3. Vibrace v radiálním směru v místě pod hnacím řemenem (ms^{-2})
4. Frekvence otáčení stroje (min^{-1})

Snímače dráhy a vibrací jsou vidět na obr. 2

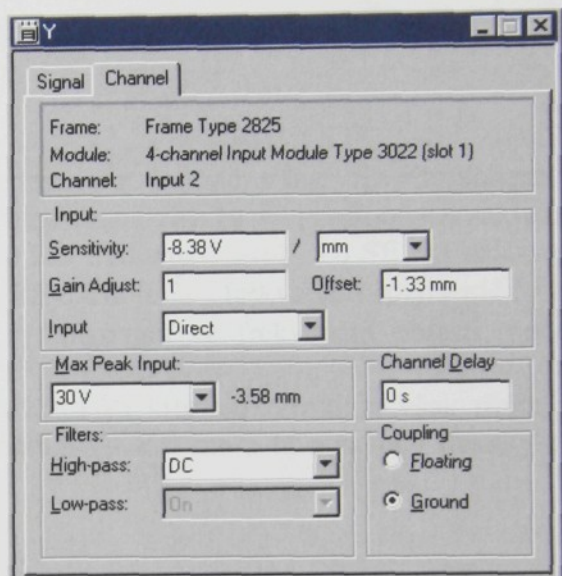
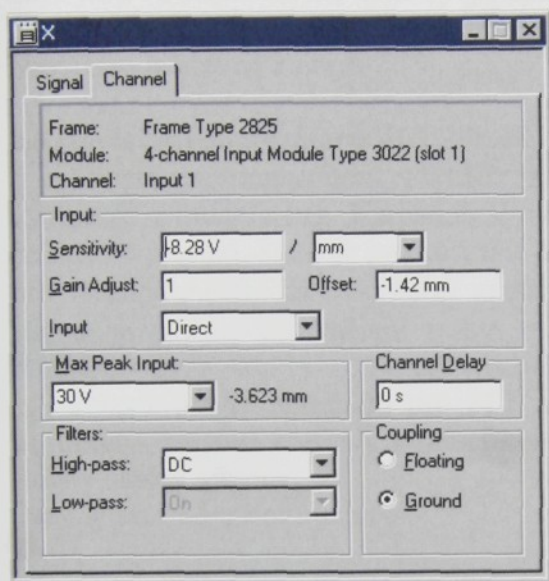


Obr. 2 Umístění snímačů (snímač x s praporkem)

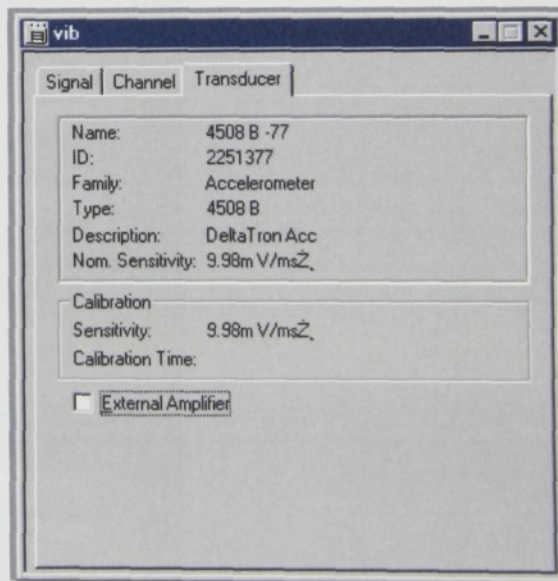
2.3 Použité snímače:

Bezdotykový snímač dráhy SD- 051 fy SCHENK, měřená dráha 2 mm +oscilátor OD 051, 2ks – pro x, y.

Snímač vibrací typ 4508 B, výrobce Bruel&Kjaer, v.č. 2251377, citlivost 9.98 mV/ms^{-2}
Tachosonda, typ MM 0024



Obr.3 Nastavení snímačů dráhy x,y



Obr. 4 Nastavení snímače zrychlení

2.4 Cejchování snímačů

Snímače dráhy byly cejchovány v pěti bodech v rozmezí 0.8 mm až 2.85 mm a odečítáno výstupní napětí snímačů x a y. Body byly proloženy metodou nejmenších čtverců přímkou. Výsledné rovnice byly nastaveny v analyzátoru, viz. Obr. 3

$$U_x = -8.28 x - 1.42,$$

$$U_y = -8.38 y - 1.33$$

Převodní hodnoty měřené veličiny na napětí tj. 8.28 a 8.38 V/mm odpovídají hodnotě uvedené v technických materiálech snímačů, kde je uvedena průměrná hodnota 8V/mm. Hodnota je závislá na druhu materiálu. Pro menší průměry se doporučuje přesazení snímačů, aby nebyly umístěny v jedné rovině. Při měření bylo zjištěno, že se snímače neovlivňují i když jsou ve stejné rovině a tak byly i nastaveny.

Snímač vibrací byl před měřením cejchován kalibrátorem.

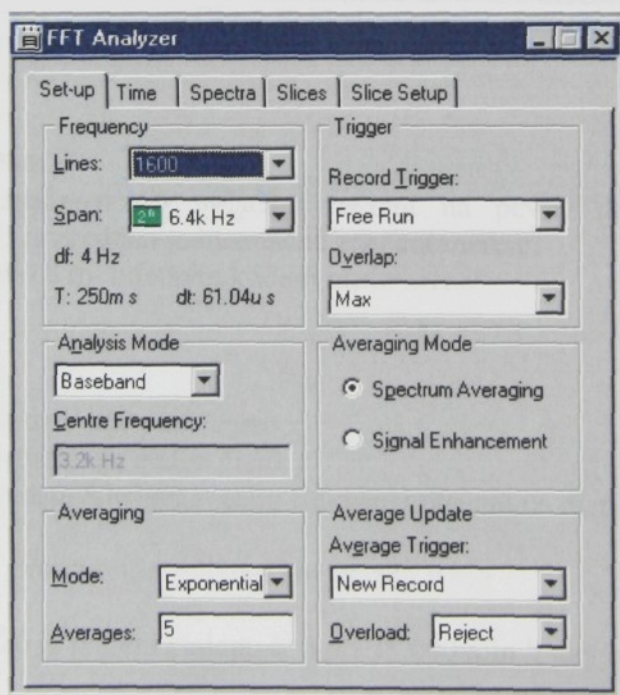
Nastavení je zřejmé z obr.4

2.5 Nastavení analyzátoru PULSE

Nastavení analyzátoru PULSE bylo provedeno po dohodě s Ing. S. Karpíškem a vycházelo z modelu Ing. Karpíška. V modelu je uvažována zhruba 8. harmonická základní frekvence otáčení, která je pro nejvyšší otáčky 750 Hz. FFT analyzátor PULSE byl nastaven pro všechna měření na frekvenční rozsah 0 – 6.4 kHz, 1600 čar, frekvenční rozlišení $\Delta f = 4$ Hz, doba okénka pro měření $= 1/\Delta = 0.25$ s. Průměrování ve frekvenční oblasti, počet průměrů = 5.

Nastavení je optimální pro FFT analýzy, z hlediska kreslení orbitů je však třeba si uvědomit, že jsou kresleny v rámci celé doby měření tj. 250 ms a ta obsahuje desítky až stovky otáček vřetena.

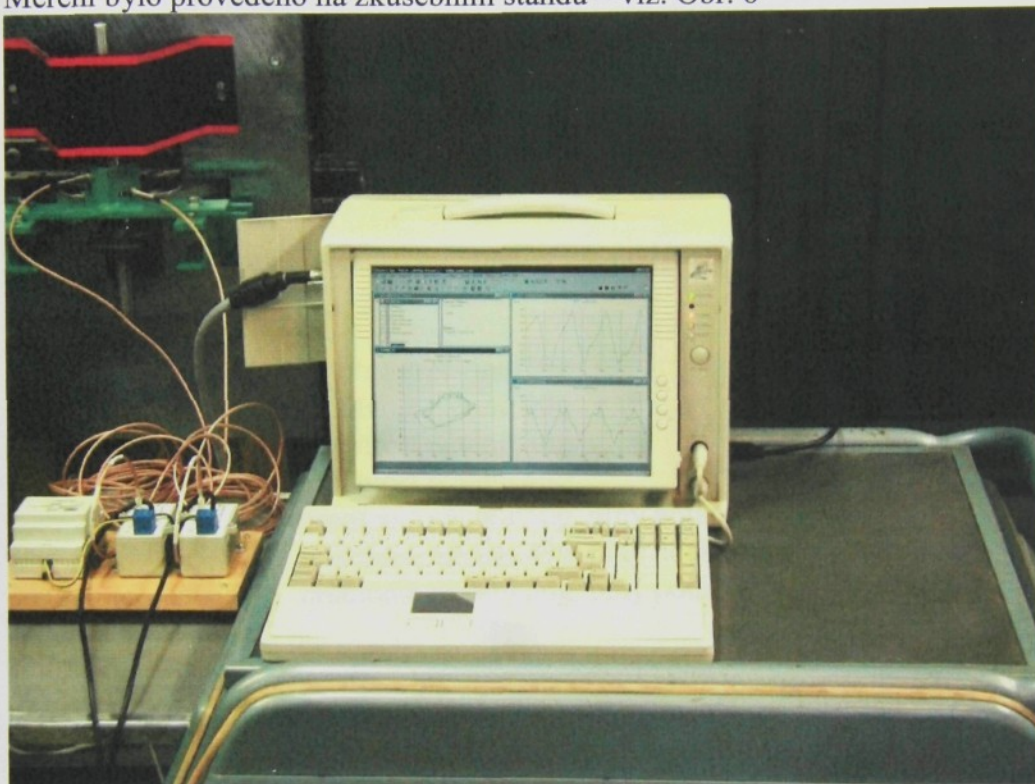
Nastavení analyzátoru je na obr. 5



Obr. 5 Základní nastavení FFT analyzátoru pro všechna měření.

2.6 Měřicí pracoviště

Měření bylo provedeno na zkušebním štandu – viz. Obr. 6



Obr.6 Pohled na měřicí systém.

2.7 Značení měření.

Pro jednoznačnost při ukládání měření na pevný disk pro další zpracování a vyhodnocení bylo provedeno jednoznačné značení měření.

Měření je označeno 8 mi místným kódem následovně:

Px-oo

Exoonnnn

Kde

Px představuje potáč číslo x

Ex představuje etalon číslo x

oo představuje nastavenou frekvenci otáčení na displeji štandu v tisících otáček/min.

nnnn představuje velikost nevývažku v mg

Př. E3350226 je měření etalonu č. 3 při 35.000 min^{-1} , nevývažek 226 mg.

Měření provedeno pro etalony E1- E5 pro vyvážený etalon a 5 nevývažků, (pro E1 4 nevývažky) a frekvence otáčení 15, 25, 35, 45.000 min^{-1} a pro potáče P1 – P7 a shodné frekvence otáčení tj. $7 \times 4 = 28$ měření. Chybí měření E1350452, E1450452, E2450565, E3450904, E3451130, kdy nebylo možno dosáhnout požadovaných otáček.

2.8 Hmotnosti dutinek, etalonů, nevývažků.

Hmotnost dutinky:	36.90 g
Hmotnost E1	49.00 g
Hmotnost E2	57.30 g
Hmotnost E3	67.90 g
Hmotnost E4	77.20 g
Hmotnost E5	86.35 g

Nevývažky byly kulaté a čtvercové podložky, malý nevývažek 113 mg, velký nevývažek 361 mg.

Hmotnost potáčů

P1	hmotnost návínu 10g
P2	hmotnost návínu 20g
P3	hmotnost návínu 30g
P4	hmotnost návínu 40g
P5	hmotnost návínu 50g plný potáč
P6	hmotnost návínu 43g plný potáč
P7	hmotnost návínu 56g plný potáč

3.0 Měření a vyhodnocení:

3.1 Měření a vyhodnocení odchylek vřetena

Vyhodnocení a vyhodnocovací postupy byly upřesňovány v celém průběhu měření. V průběhu měření se ukázaly určité nestability a další problémy, které byly postupně objasňovány a některé nejasnosti budou vyžadovat další podrobnější zpracování.

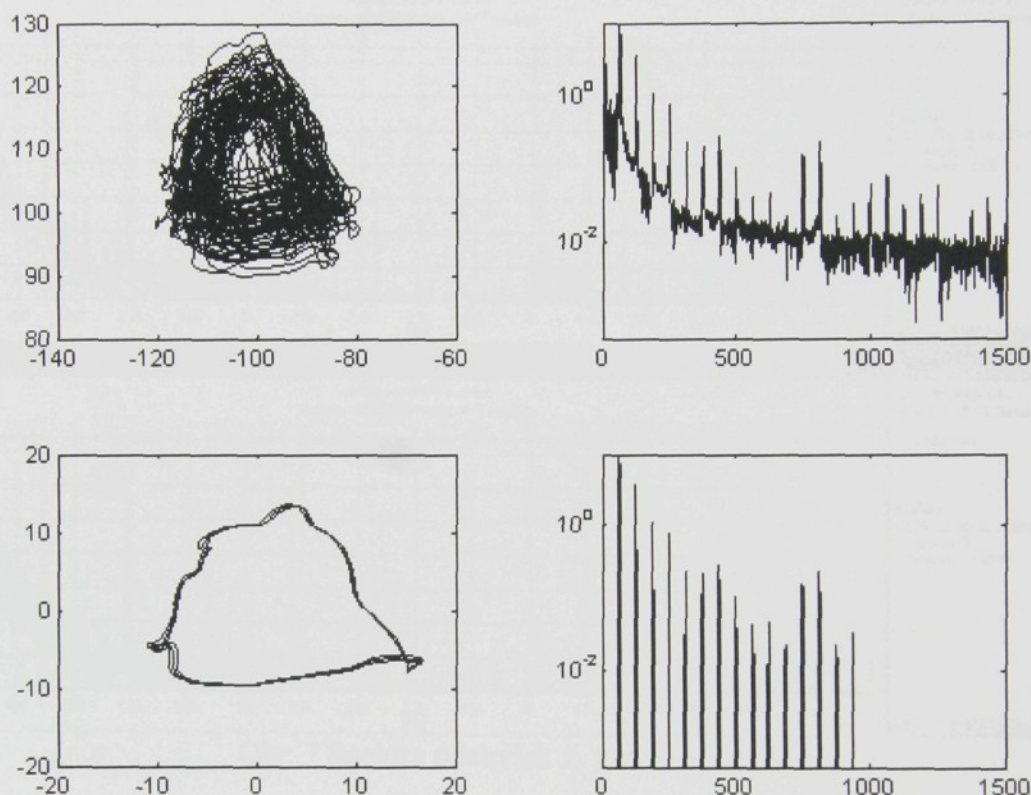
Nejprve se uvažovalo o vyhodnocení pouze orbitů a mohutnosti vibrací (celková efektivní hodnota rychlosti vibrací). Pro model tohoto rotoru vypracovaný Ing. S. Karpíškem je nutno zjistit harmonické signálů dráhy x a y a na základě toho byl nastaven FFT analyzátor.

Průběh měření ukázal:

- Mimo odchylek vřetena daných frekvencí otáčení (otáčkami) stroje se vřeteno odchyluje také na nižších frekvencích. To je zřetelné jak z časových průběhů, kdy je výchylka od otáček vřetena (měla by mít ideálně harmonický průběh) superponována na další průběhy s nižší frekvencí. Je to zřetelné i ze spekter na obr. 7, kdy frekvenční část od nuly do čáry dané frekvencí otáčení (otáčkami) stroje obsahuje velké množství frekvenčních složek o dosti značných amplitudách – odstup od amplitudy dráhy dané otáčkami stroje cca 12 – 20 dB. Podrobněji je tato část spektra zobrazena na obr. 8. V ideálním případě by byla část spektra od nuly do čáry dané frekvencí otáčení (otáčkami) stroje nulová nebo s výchylkami o řád nižšími než výchylky od otáček. Prakticky to znamená, že výchylky vřetena a orbity „cestují“ podle těchto nízkých frekvencí a výsledkem je rozmazaný orbit, připomínající v nejhorším případě klubičko nití. Byly snahy provádět určité filtrace, ale samotný multianalyzátor PULSE nemá tyto možnosti a proto bylo zvoleno dodatečné zpracování měření v MATLABu.
- Vyhodnocení bylo provedeno na základě modelu Ing: S Karpíška. U všech změřených výchylek (orbitů) provedena filtrace naměřených dat, aby se zjednodušilo vyhodnocení měření a získala data kompatibilní s modelem. Filtrace dat spočívá v odstranění všech frekvenčních složek, které nejsou násobky otáčkové frekvence. Subharmonické frekvence ve spektru, způsobující posun orbitů,

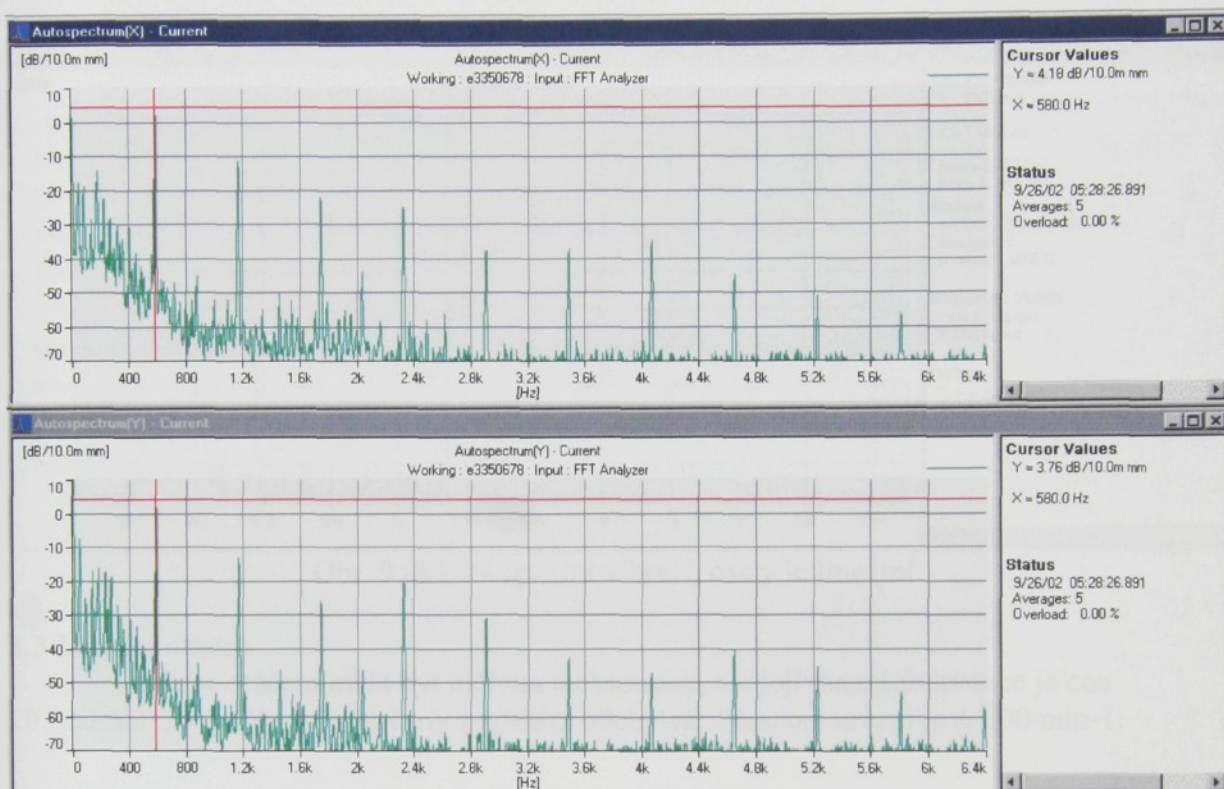
nebyly uvažovány.

Na ilustračním obrázku je orbit z naměřených dat (vlevo nahoře), spektrum výchylky v ose X (vpravo nahoře), filtrované spektrum výchylky (vpravo dole) a orbit z vyfiltrovaných dat (vlevo dole)

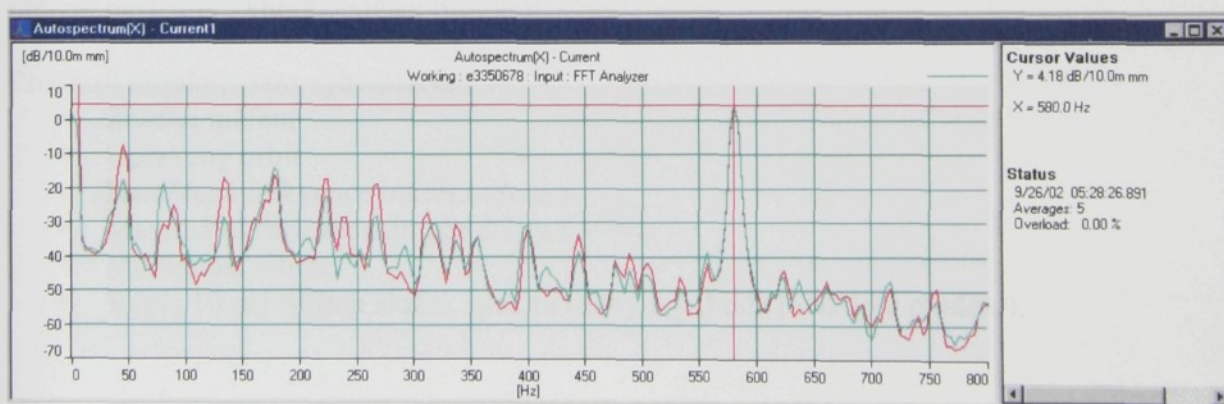


- V některých případech, zvláště pro malé nevývažky je zřejmé z časových průběhů, že se dráha vřetene během otáčky vrací zpět od původní dráhy dané odstředivou silou. Na vlně přibližně harmonického průběhu jsou superponovány drobné vlnky.
- Aby bylo vyloučeno, že oba výše uvedené případy nejsou dány špatným uložením nosníku pro snímače dráhy x , y byl nosník odmontován a držen ručně. Tvar signálů x , y se prakticky nezměnil, jakož i charakteristické hodnoty signály – efektivní hodnoty v měřeném časovém okénku 0.25 s. Pro ubezpečení byla měřena celková efektivní hodnota dráhy nosníku při několika otáčkách. Maximálně bylo naměřeno $2.2 \mu\text{m}$, průměrná hodnota je $1.4 \mu\text{m}$. Uvažujeme-li, že průměrné hodnoty výchylek vřetena jsou $15 \mu\text{m}$, je možno říci, že chyba způsobená uložením snímačů nepřesahuje 10%.
- Bylo zjištěno, zvláště opět pro malé nevývažky, že kmity vřetena jsou závislé na poloze dutinky vůči vřetenu. Při určité poloze dutinky vůči vřetenu se signál odchylek vřetene „zklidní“. Většina měření při nevývažcích byla provedena při shodném poloze dutinky vůči vřetenu (poloha vřetene je snadno určitelná třemi odvrtnými otvory). Závěry v této fázi nelze udělat, nabízí se vysvětlení problémů pohonem, který může zanášet do vřetena drobné rázy.

- Při měření byla informativně měřena hladina akustického tlaku hluku. Při vyšších otáčkách nad 35.000 min^{-1} byla hladina nad 95 dB, v některých případech bylo dosaženo nad 100 dB, nejvíce bylo naměřeno 108 dB. Všechny uvedené hodnoty jsou mimo rozsah přípustných hygienických hodnot.



Obr. 7 Spektra odchylek x, y do 6.4 kHz.

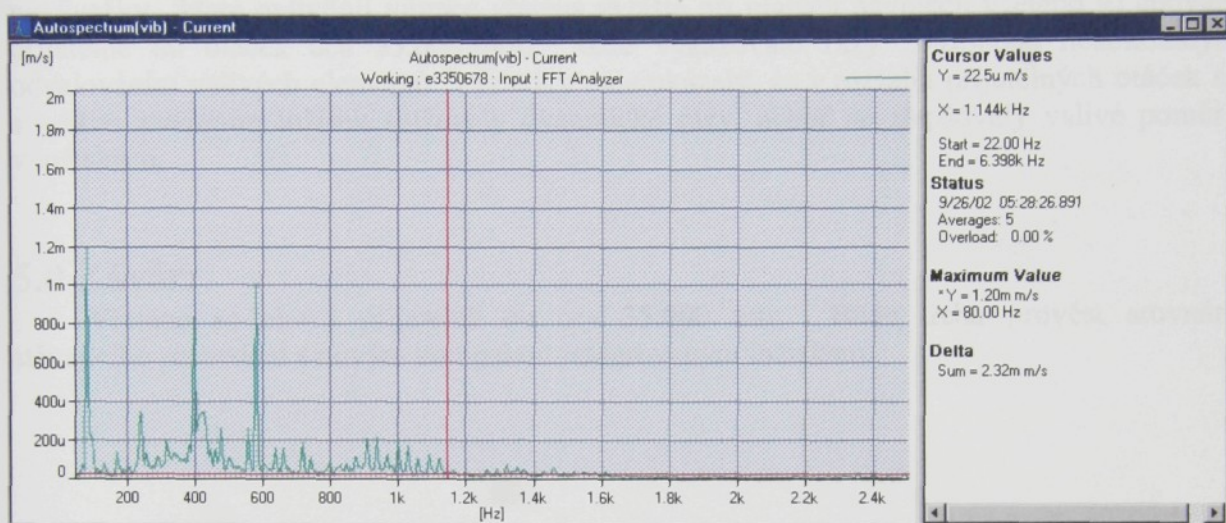


Obr. 8 Spektra odchylek x, y do 800 Hz.

3.2 Měření vibrací.

Měření vibrací bylo provedeno v radiálním směru v místě pod hnacím řemenem (viz. obr. 2). Měřenou veličinou je zrychlení vibrací (ms^{-2}). Bylo měřeno spektrum vibrací se shodným nastavením analyzátoru FFT jako pro dráhy x, y. Pro základní vyhodnocení byla vzata hodnota mohutnosti vibrací, což je efektivní hodnota rychlosti vibrací (m/s). Pro podrobnější vyhodnocení jsou k dispozici všechna měření spekter vibrací i časové průběhy.

Ze spektra na obr. 9 je zřejmé, že mimo spektrální čáry dané základními otáčkami – v případě cca 583 Hz pro otáčky 35.000 min^{-1} , obsahuje spektrum také výrazné subharmonické strukturální frekvence na 80 Hz, a cca 400 Hz. Přiřazení těchto subharmonických frekvencí a rozbor spektra není cílem tohoto vyhodnocení, vyžadoval by analýzu mechanické struktury, např. použitím impulsního kladívka (impact hammer).



Obr. 9 ukázka spektra vibrací, osa y je lineární.

3.3 Měření otáček

Frekvence otáčení měla být měřena tachsondou, ale její mezní frekvence je cca 20.000 min^{-1} , a otáčky byly určeny z spektra odchylek. Přesnost určení je $\pm 100 \text{ min}^{-1}$.

3.4 Vyhodnocovací protokol

Na základě dohody s Ing. S Karpíškem a Doc. J. Mrázkem, CSc. byl zvolen pro každé měření následný vyhodnocovací protokol.

Protokol obsahuje tato vyhodnocení

- Značka měření
- Upravený orbit
- Naměřená frekvence otáčení vřetena
- Maximální rozkmit snímače dráhy x,y
- Mohutnost vibrací
- Výpis 10 nejvyšších složek spektra dráhy x,y (bude použito v modelu).

4.0 Vyhodnocení

Vyhodnocení je provedeno ze 139 měření, které jsou v přílohách. Přílohy byly předány na sekci A.

Z vyhodnocení výsledků měření vyplývá, že vibrace vřetena jsou ovlivňovány polohou a uložením dutinky vzhledem k vřetenu. Dutinka sama i vřeteno vykazují určité residuální nevývažky, které ovlivňují vibrace vřetena zvláště při malých návinech. Vřeteno se chovalo přijatelně do otáček cca 35.000 min^{-1} , dále vykazovalo rázy způsobené nedokonalým odvalováním valivých elementů. Výsledky dále ukázaly, že v rozsahu přijatelných otáček se s vyšším zatížením ložisek snižovaly dynamické rázy, neboť se zlepšovaly valivé poměry v ložiskách.

5.0 Závěr:

Vřeteno se chová přijatelně do cca 35.000 min^{-1} . Bude třeba provést srovnání stávajícího provedení s novým kompaktní integrovaným ložiskem.

Návrh metody selekce tenzometrů pro snímače tahu nitě

Doc. Ing. Miroslav Svoboda, TU Liberec

Ing. Petr Škop, CSc, VÚTS Liberec a.s.

Zpráva se zabývá návrhem metody pro výběr polovodičových tenzometrů do tenzometrického můstku snímače tahu nitě. Je popsán princip metody spočívající ve vyhodnocení průběhu teploty na tělísku tenzometru umístěného ve volném prostoru, ohříváného procházejícím elektrickým proudem a ochlazovaného přirozeným prouděním okolního vzduchu. Průběh teploty podél tenzometrického tělíska je měřen bezdotykově termovizní kamerou s velkým rozlišením. Na základě řešení odvozené diferenciální rovnice je navrženo optimální nastavení parametrů při testování.

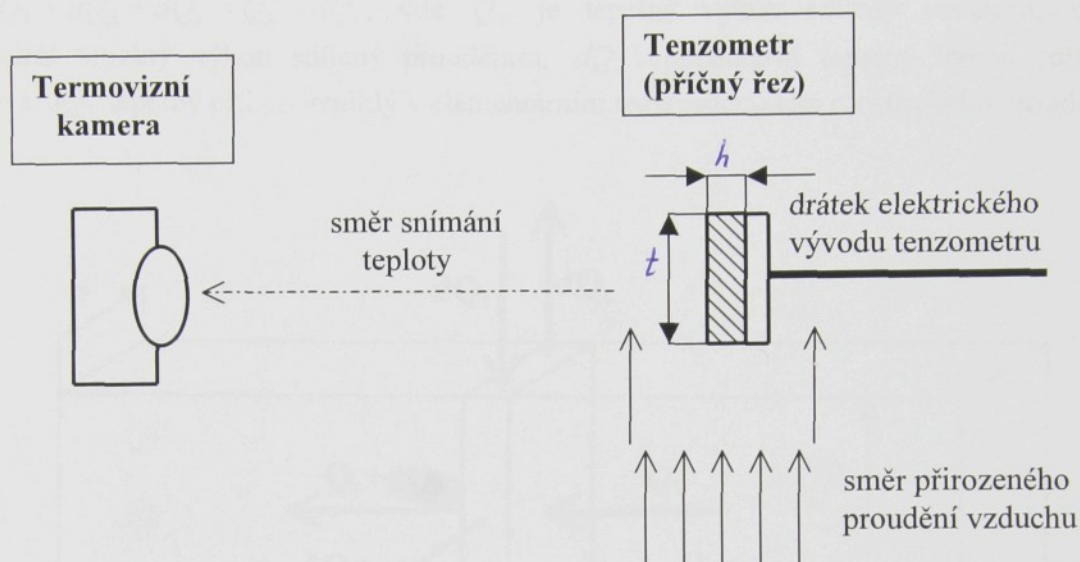
Úvod

Jednou z možností eliminace teplotních vlivů působících na stabilitu vyvážení tenzometrického můstku u snímačů tahu nitě je výběr vhodné čtveřice tenzometrů, který je třeba z ekonomických důvodů provést ještě před jejich nalepením na nosník snímače. Jak bylo poukázáno ve zprávě [1], závisí při existenci teplotního spádu na nosníku snímače dobrá teplotní kompenzace nejen na shodnosti základních integrálních parametrů všech čtyř tenzometrů, ale též na jejich rozměrových tolerancích a obecně na homogenitě elektrického odporu tělíska tenzometru. Nestejnorodost elektrického odporu podél tělíska tenzometru může být způsobena jednak nehomogenitou měrného odporu ρ , jednak rozměrovými tolerancemi projevujícími se nestejným průřezem, což vede v souhrnu při rozdílné teplotě jednotlivých elementů tělíska k různému celkovému elektrickému odporu každého ze čtyř tenzometrů. Pro výběr je tedy třeba stanovit metodu, pomocí které by bylo možno nalézt tenzometry pokud možno s homogenním elektrickým odporem, nebo alespoň vybrat do můstku čtveřici tenzometrů, které by se z hlediska nehomogenity vzájemně podobaly.

Navržení vhodné metody pro sledování nehomogenity rezistance u miniaturních polovodičových tenzometrů naráží na množství problémů. V první řadě je to velmi malá odolnost tělíska tenzometru, jehož rozměry mají velikosti řádově jednotek nebo desítek μm , proti poškození a to jak mechanickému, tak tepelnému. Za druhé, není prakticky možné měřit průběh jakékoliv veličiny na povrchu tělíska tenzometru dotykově. V neposlední řadě je třeba přihlížet k požadavku malé časové náročnosti metody a požadavku jednoduché manipulace s tenzometry, aby pravděpodobnost jejich poškození byla minimální. Z toho vyplývá, že realizace vhodné metody bude pravděpodobně vyžadovat užití dražší měřicí techniky, a bude tedy třeba řešit i ekonomickou otázku problému.

Ve snaze respektovat uvedené problémy byla navržena metoda založená na bezdotykovém měření rozložení teploty za ustáleného teplotního stavu podél tělíska tenzometru umístěného ve volném prostoru a ohříváného procházejícím elektrickým proudem. Tato metoda předpokládá vytvoření teplotních rozdílů na tělísku tenzometru vyvolaných rozdílným vývinem tepla na jednotlivých částech nehomogenního elektrického odporu. Na základě analýzy takto získaného průběhu rozložení teploty je pak možno usuzovat na nehomogenitu elektrického odporu jednotlivých tenzometrů, která způsobuje rozvážení můstku při teplotním spádu na nosníku snímače.

Uspořádání měřicích prvků při realizaci metody je znázorněno na obr. 1. Tenzometr obdélníkového průřezu je při testování uchycen v držáku za zlaté drátky elektrických vývodů a umístěn ve volném prostoru tak, aby podélná osa a vývody tělíska byly v horizontální rovině. V této poloze zaujímá rozměrově větší strana řezu tělíska tenzometru vertikální směr,



Obr. 1 Uspořádání měřicích prvků u navržené metody pro sledování nehomogenity rezistance u miniaturních polovodičových tenzometrů (nárysnyý pohled).

což umožňuje velmi dobře určit množství odvedeného tepla. Aby metoda byla co nejjednodušší, je navržen odvod tepla přirozeným prouděním vzduchu kolem tělíska tenzometru, čímž odpadne složité měření rychlosti, jejíž znalost je potřebná při použití vynuceného proudění. Pro snímání povrchové teploty tělíska tenzometru se počítá s využitím termovizní kamery, kde se na připojeném počítači následně vyhodnotí a zobrazí průběh teploty podél tělíska.

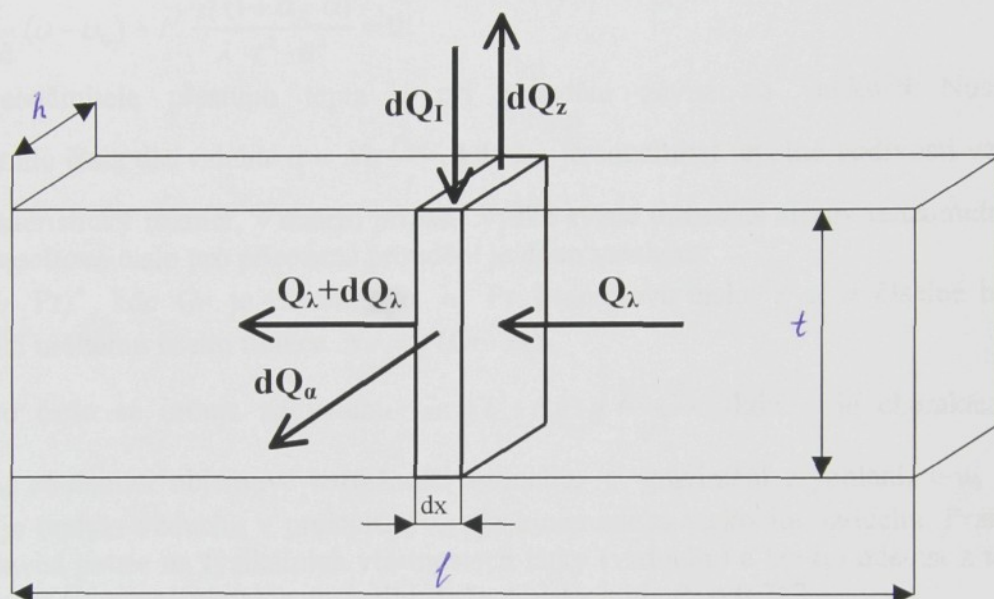
Teoretická část

Elektrický odpor R je obecně dán vztahem $R = \rho(1 + \alpha_R v) \frac{l}{S}$, kde ρ je měrný odpor při teplotě 0°C , α_R je teplotní součinitel odporu, v je teplota ve stupních Celsia, l je délka a S průřez vodiče. V případě polovodičového tenzometru je nutno uvažovat skutečnost, že některé z parametrů v uvedeném vztahu nejsou konstanty, ale jejich velikost může být závislá jednak na poloze, jednak na teplotě, příp. na obou těchto veličinách. Pro teoretický rozbor předpokládejme, že veličiny ρ , α_R a v mají v celém příčném průřezu elementárního řezu tělíska tenzometru stejnou hodnotu a jejich velikost je závislá pouze na podélné poloze řezu. Výsledný odpor tenzometru je pak dán součtem elementárních odporů dR a lze jej vyjádřit pomocí integrálu:

$$R = \int dR = \int_0^l \rho(1 + \alpha_R v) \frac{dx}{t \cdot h}, \text{ kde } \rho = \rho(x), v = v(x), t = t(x), h = h(x) \text{ a } \alpha_R \text{ je konstantní.}$$

Bude-li procházet tenzometrem stálý elektrický proud I , bude se tělísko ohřívat, a to tak, že v jednotlivých řezech se bude elementární elektrický výkon velikosti $I^2 \cdot dR$ měnit v teplo. Sdílením tepla s okolím se po určité době docílí teplotní rovnováha a nastane stacionární stav. Při tomto stavu na elementu průřezu $t \cdot h$ a délce dx nastane energetická rovnováha (viz obr. 2), kterou lze vyjádřit rovnicí:

$Q_\lambda + dQ_\lambda + dQ_\alpha + dQ_z = Q_\lambda + dQ_I$, kde Q_λ je tepelný výkon sdílený vedením, dQ_α elementární tepelný výkon sdílený prouděním, dQ_z elementární tepelný výkon sdílený zářením a dQ_I tepelný příkon vzniklý v elementárním řezu průchodem elektrického proudu.



Obr. 2 Energetická bilance elementárního řezu tělíska tenzometru v ustáleném stavu.

Vzhledem k tomu, že tepelný výkon sdílený zářením je z důvodu malých teplotních rozdílů zanedbatelný proti hodnotám ostatních veličin, lze rovnici rovnováhy napsat ve tvaru:

$$dQ_\lambda + dQ_\alpha - dQ_I = 0. \quad (1)$$

Elementární tepelný výkon sdílený vedením plyne z Fourierova vztahu:

$dQ_\lambda = -\lambda \cdot \Delta v \cdot dV$, kde λ je součinitel tepelné vodivosti, Δv Laplaceův diferenciální operátor teploty a dV element objemu. Pro jednorozměrné vedení tepla je $\Delta v = \frac{d^2 v}{dx^2}$ a objem elementu $dV = h \cdot t \cdot dx$. Pro elementární tepelný výkon sdílený vedením tedy platí:

$$dQ_\lambda = -\lambda \frac{d^2 v}{dx^2} h \cdot t \cdot dx. \quad (2)$$

Elementární tepelný výkon sdílený prouděním lze stanovit z Newtonova vztahu:

$dQ_\alpha = \alpha dF (v - v_0)$, kde α je součinitel přestupu tepla, dF element plochy podél níž probíhá sdílení tepla a $v - v_0$ je teplotní rozdíl daný rozdílem teploty stěny a teploty okolního prostředí. Element plochy je dán páskem šíře dx a délky odpovídající obvodu řezu, tedy $dF = 2(t + h) dx$. Lze tedy napsat:

$$dQ_\alpha = 2\alpha (t + h) \cdot (v - v_0) dx \quad (3)$$

$$\text{Elementární příkon } dQ_l = I^2 dR = I^2 \rho (1 + \alpha_R v) \frac{dx}{t \cdot h}. \quad (4)$$

Dosazením (2), (3) a (4) do vztahu pro tepelnou rovnováhu (1) a provedením úpravy lze dospět k diferenciální rovnici druhého řádu:

$$\frac{d^2 v}{dx^2} - \frac{2\alpha(t+h)}{\lambda \cdot t \cdot h} (v - v_0) + I^2 \frac{\rho(1 + \alpha_R v)}{\lambda \cdot t^2 \cdot h^2} = 0.$$

Pro uvedenou polohu tenzometru v prostoru, kde se přenos tepla prouděním děje prakticky na vertikálních plochách určených rozměry t a l , a kde rozměr t je podstatně větší než h , lze rovnici upravit:

$$\frac{d^2 v}{dx^2} - \frac{2\alpha}{\lambda \cdot h} (v - v_0) + I^2 \frac{\rho(1 + \alpha_R v)}{\lambda \cdot t^2 \cdot h^2} = 0. \quad (5)$$

Hodnota součinitele přestupu tepla α při proudění závisí na velikosti Nusseltova podobnostního čísla dle vztahu $\alpha = Nu \frac{\lambda_{vz}}{t}$, kde λ_{vz} je součinitel tepelné vodivosti vzduchu,

t je charakteristický rozměr, v našem případě výška svisle umístěné strany tenzometrického tělíska. Nusseltovo číslo pro přirozené proudění je dáno vztahem:

$Nu = c (Gr \cdot Pr)^n$, kde Gr je Grashofovo a Pr Prandtlovo číslo, c a n číselné hodnoty odpovídající určitému úseku funkce $Nu = f(Gr \cdot Pr)$.

Grashofovo číslo se určuje ze vztahu $Gr = t^3 \cdot \beta_{vz} \cdot g \frac{v - v_0}{\nu_{vz}^2}$, kde t je charakteristický

rozměr, β_{vz} součinitel objemové roztažnosti vzduchu, g gravitační zrychlení, $v - v_0$ rozdíl teplot (v_0 je teplota vzduchu v prostoru), ν_{vz} je kinematická viskozita vzduchu. Prandtlovo číslo Pr závisí pouze na fyzikálních vlastnostech látky (vzduchu) a lze ho odečíst z tabulek. Pro teplotu 20°C , normální tlak a normální složení vzduchu je $Pr = 0,713$.

Aby během testování nedošlo k nadměrnému tepelnému namáhání tenzometru je třeba volit pro elektrický ohřev tělíska přiměřeně velký proud a tedy rozdíl teplot $v - v_0$ v rozmezí 10 až 30°C . Pro tento rozdíl lze výpočtem při $t = 0,255$ mm (pro používané tenzometry A4P035AB1000 Rukov) určit hodnotu $Gr \cdot Pr$, která se pohybuje cca v mezích $14 \cdot 10^{-3}$ až $42 \cdot 10^{-3}$. Tomu odpovídá odvod tepla z tělíska tenzometru přirozeným prouděním vzduchu v oblasti laminární mezní vrstvy, kde součin $Gr \cdot Pr$ je v mezích 10^{-3} až $5 \cdot 10^2$. V této oblasti platí pro výpočet Nusseltova čísla číselné hodnoty $c = 1,18$ a $n = 0,125$ a hodnoty součinitele přestupu tepla α vyjdou pro náš případ cca v mezích od 86 do $97 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

Odvozenou diferenciální rovnici (5) je možno použít pro matematickou simulaci úlohy a na základě výsledků řešení navrhnout vhodné parametry měřicí techniky (minimální požadovanou rozlišovací schopnost termovize) a nastavení základních parametrů měření (velikost elektrického proudu a velikosti teplotních rozdílů). Pokud by byly všechny parametry v rovnici konstantní, bylo by možno řešit tuto rovnici analyticky a v tomto případě vede výsledná závislost teploty v na odlehlosti x k funkci hyperbolického kosinu. Jestliže jsou parametry závislé na podélné poloze řezu a příp. na teplotě je nutno provést numerické řešení na počítači. Zde je možno použít Eulerovu metodu, která je jednoduchá a nabízí rychle výsledky. Problém je pouze s okrajovými podmínkami, kdy je třeba derivaci teploty $\frac{dv}{dx}$ na počátku určit pomocí iterační metody z hodnoty teploty na konci tělíska. Pro řešení Eulerovou metodou se rovnice (5) upraví na výpočet tří proměnných x, v, Θ , přičemž hodnota příslušné veličiny v následujícím kroku se určí z předchozí hodnoty přičtením vypočtené difference:

$x_{n+1} = x_n + \Delta x_n$, $v_{n+1} = v_n + \Delta v_n$, $\Theta_{n+1} = \Theta_n + \Delta \Theta_n$. Velikost difference Δx_n je konstantní a lze ji zvolit, ostatní difference se vypočtou ze vztahů:

$$\Delta v_n = \Theta_n \cdot \Delta x_n,$$

$$\Delta \Theta_n = \left[\frac{2\alpha_n}{\lambda_n \cdot h_n} (v_n - v_0) - \frac{I^2 \rho_n (1 + \alpha_R \cdot v_n)}{\lambda_n \cdot t_n^2 \cdot h_n^2} \right] \Delta x_n. \text{ Index } n \text{ u jednotlivých parametrů}$$

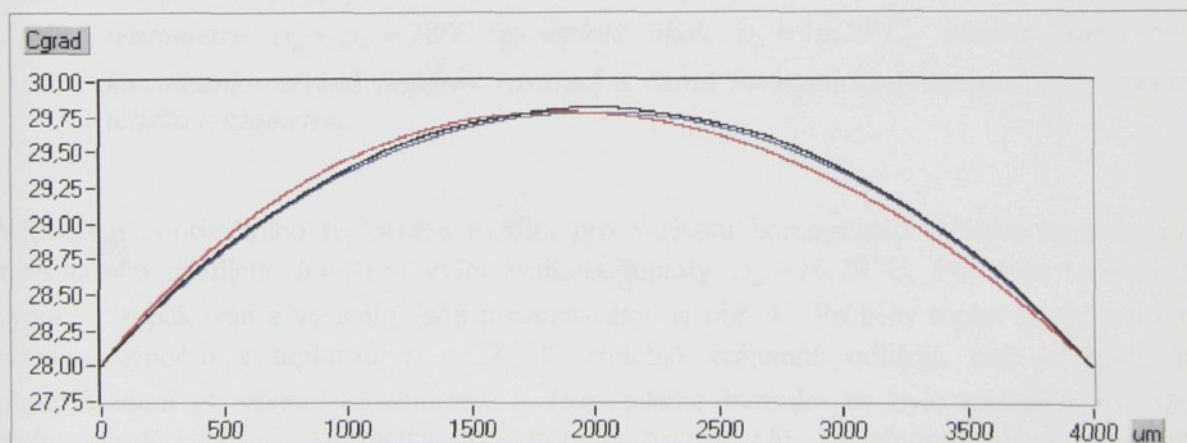
znamená, že lze tyto parametry měnit v závislosti na odlehlosti x . Okrajovými podmínkami jsou teplota v_p a derivace teploty $\left(\frac{dv}{dx}\right)_{x=0} = \Theta_p$ na počátku tělíska tenzometru. Velikost θ_p

je ale třeba určit z hodnoty v_k na konci tělíska, jak již bylo zmíněno.

Pomocí uvedených vztahů byl simulován výpočet průběhu teploty v v závislosti na odlehlosti x u tří variant tělíska tenzometru s různým profilem rozměru $h(x)$. Do profilu byla zahrnuta pouze měřicí část v délce $l = 4 \text{ mm}$ bez zesílených konců, sloužících pro vývody sběrných elektrod. V prvním případě byl výpočet proveden pro konstantní $h = 8 \text{ }\mu\text{m}$, v druhém případě byl vzat lineárně se zvětšující profil $h = (7,0419 + 5 \cdot 10^{-4} x) \text{ }\mu\text{m}$ a ve třetím profil měnící se harmonicky dle vztahu $h = (8,0622 + \cos\left(\frac{2\pi}{800} x\right)) \text{ }\mu\text{m}$. Všechny tyto varianty

jsou navrženy tak, aby tělíska tenzometru měla shodnou hodnotu elektrického odporu při stejné teplotě a při nepatrném protékajícím elektrickém proudu, a aby profil h nevybočil z rozměrové tolerance $8 \pm 1 \text{ }\mu\text{m}$. Pro výpočet byly použity tabulkové hodnoty konstant platné pro křemíkový materiál tělíska tenzometru:

měrný odpor $\rho = 0,34 \text{ }\Omega\text{mm}$ při 0°C , teplotní součinitel odporu $\alpha_R = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 120 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Délka kroku výpočtu byla zvolena $\Delta x = 1 \text{ }\mu\text{m}$.

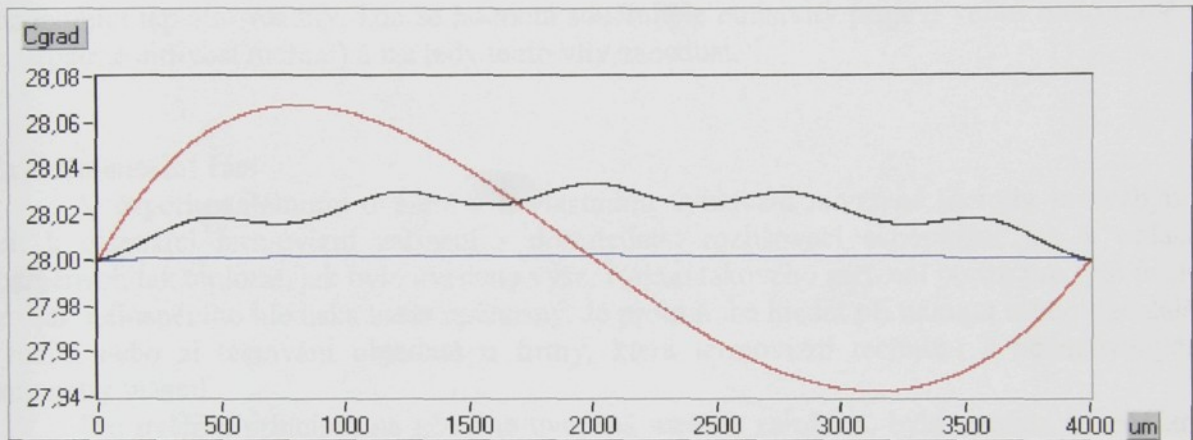


Obr. 3 Rozložení teploty podél tělíska tenzometru při proudu $I = 1,5 \text{ mA}$, teplotách konců tenzometru $v_p = v_k = 28^\circ\text{C}$ a teplotě okolí $v_0 = 22,3^\circ\text{C}$. Modrá barva patří konstantní, červená lineárně rostoucí a černá harmonicky proměnné výšce profilu tělíska tenzometru.

Na obr. 3 jsou zobrazeny průběhy teplot tělísek tenzometrů jednotlivých variant. Modrou barvu má profil s konstantní výškou, červenou profil lineárně se zvětšující a černou profil s harmonickým průběhem. Protékající elektrický proud měl hodnotu $I = 1,5 \text{ mA}$, teplota obou

konců měřicí části tenzometru byla zvolena $v_p = v_k = 28^\circ\text{C}$ a teplota okolního vzduchu $v_0 = 22,3^\circ\text{C}$. Z grafů je patrné, že jednotlivé průběhy mají velmi podobný tvar lišící se velmi málo a vyhodnotit z těchto průběhů odporovou nehomogenitu by bylo velmi obtížné. Problém spočívá ve velké hodnotě složky tepelného výkonu sdíleného vedením tepla, která lokální rozdíly teplot vyhlazuje. Je proto třeba volit teplotní rozdíl $v - v_0$ takový, aby teplota tělíska v celé délce se měnila co nejméně, v ideálním případě aby byla konstantní. Potom bude $\frac{d^2v}{dx^2} = 0$. Dosazením nuly za druhou derivaci do rovnice (5) lze pak vypočítat optimální

$$\text{teplotní rozdíl } v - v_0 = \frac{I^2 \rho}{2\alpha \cdot t^2 \cdot h} (1 + \alpha_R \cdot v). \quad (6)$$



Obr. 4 Rozložení teploty podél tělíska tenzometru při proudu $I = 1,5\text{ mA}$, teplotách konců tenzometru $v_p = v_k = 28^\circ\text{C}$ a teplotě okolí $v_0 = 16,29^\circ\text{C}$. Modrá barva patří konstantní, červená lineárně rostoucí a černá harmonicky proměnné výšce profilu tělíska tenzometru.

Výpočtem optimálního teplotního rozdílu pro variantu homogenního tělíska tenzometru s konstantním profilem $h = 8\text{ }\mu\text{m}$ vyšla velikost teploty $v_0 = 16,29^\circ\text{C}$. Pro tuto teplotu byl výpočet zopakován a výsledky jsou prezentovány na obr. 4. Průběhy teplot se na rozdíl od prvního výpočtu s teplotou $v_0 = 22,3^\circ\text{C}$ zřetelně vzájemně odlišují, což je základním předpokladem při třídění tenzometrů. Z teoretického hlediska by bylo možné z rozložení teploty podél tělíska tenzometru určit pomocí rovnice (5), za předpokladu konstantního měrného odporu ρ a tloušťky řezu t , zpětně profil $h(x)$. Ve skutečnosti by byl ale výpočet zatížen velmi značnou chybou způsobenou zejména výpočtem derivace $\frac{d^2v}{dx^2}$ ze změřeného průběhu $v(x)$, který sám může být zatížen poměrně velkou chybou měření.

Ze získaných grafů je patrné, že bude požadována vysoká rozlišovací schopnost termovizní kamery, a to min. 10^{-2} , lépe $5 \cdot 10^{-3}$, příp. až 10^{-3}°C , v oblasti délek cca $2,5\text{ }\mu\text{m}$. K získání vhodného teplotního rozdílu je třeba mít možnost ohřívat držáky tenzometru tak, aby bylo možno udržovat teplotu konců tělíska tenzometru na požadované hodnotě. Protože je přesné nastavení optimálního teplotního rozdílu obtížné, je lepší opačně pro skutečný teplotní rozdíl nastavit hodnotu proudu I , kterou lze teoreticky určit úpravou vztahu (6)

$$I = t \sqrt{\frac{2 \alpha \cdot h \cdot (v - v_0)}{\rho \cdot (1 + \alpha_R \cdot v)}} \text{ a při testování ji vhodně doregulovat. Se zvětšováním proudu } I \text{ se}$$

zvyšuje citlivost metody, roste ale též optimální teplotní rozdíl $v - v_0$, což může narážet na určité problémy spojené se schopností udržet během měření, kdy je třeba docílit ustálený teplotní stav, tento rozdíl konstantní. Dále může dojít při překročení určité hodnoty proudu k tepelnému poškození vlastního tenzometru. Je proto třeba volit kompromis mezi citlivostí a problémy s vytvořením teplotního rozdílu. Jemné dostavení procházejícího elektrického proudu je možno provádět v průběhu testování tak, že je sledován na obrazovce termovize průběh teploty, a tento udržován na hodnotách co možná blízkých teplotě konců tělíska tenzometru.

Při bezdotykovém měření teploty termovizní kamerou nastává ještě problém s určením součinitele emisivity měřeného předmětu. Velikost tohoto součinitele může dosti ovlivnit měření, pokud je požadováno určení skutečné hodnoty teploty. Pro testování tenzometrů jsou rozhodující teplotní rozdíly, kde se hodnota součinitele emisivity projeví velmi málo (změní se nepatrně citlivost měření) a lze tedy tento vliv zanedbat.

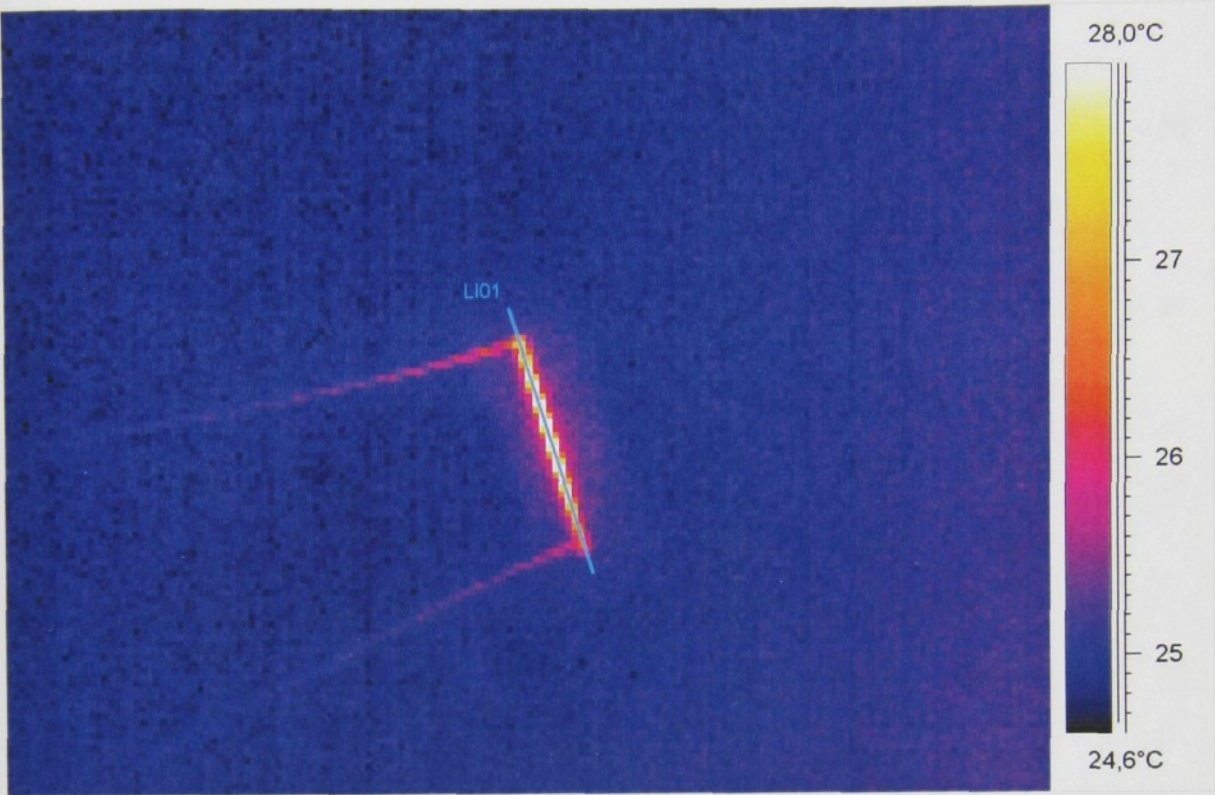
Experimentální část

K experimentálnímu ověření a k vlastnímu využívání navržené metody je nezbytné mít k dispozici termovizní zařízení s dostatečnou rozlišovací schopností jak v oblasti rozměrové, tak teplotní, jak bylo uvedeno výše. Nákup takového zařízení pouze pro tyto účely je však z finančního hlediska zcela neúnosný. Je proto třeba hledat při nákupu termovize další využití, nebo si testování objednat u firmy, která termovizní techniku s požadovanými parametry vlastní.

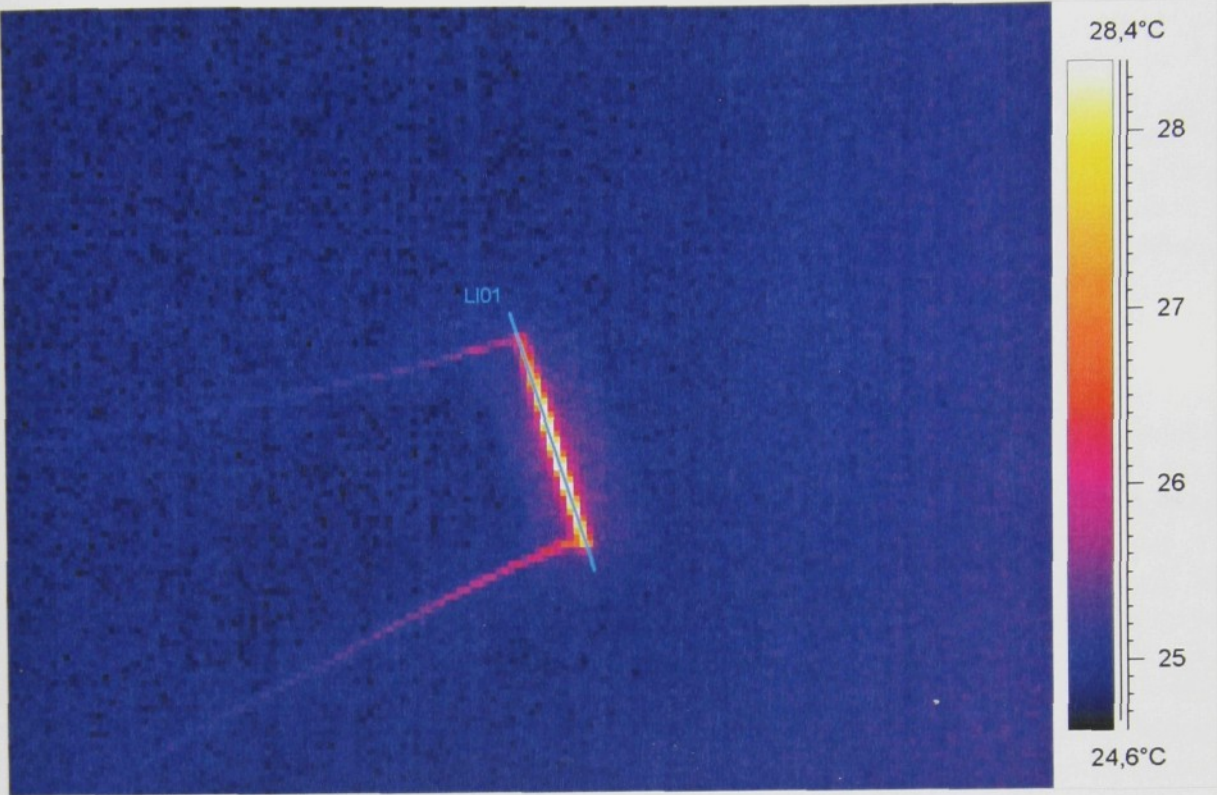
Pro ověření principu, na němž je uvedená metoda založena, byla využita termovizní technika firmy TMV SS s.r.o. Praha, která zajišťuje obchodní a servisní služby v této oblasti a která nám velmi ochotně umožnila provést alespoň první měření. Bohužel k dispozici byla pouze aparatura s menší rozlišovací schopností než je požadovaná a nebyly zhotoveny ani vhodné přípravky pro uchycení tenzometrů, takže získané výsledky jsou pouze orientační.

Na obr. 5 je termovizní snímek tělíska tenzometru uchyceného za elektrické vývody ve volném prostoru. Tenzometr byl napájen stejnosměrným proudem cca 2 mA a byl ochlazován přirozeným proudem vzduchu teploty cca 23°C. Osa termovizní kamery měla vertikální směr a rozložení teploty podél tělíska bylo tedy snímáno z úzké plochy dané rozměry h a l místo z výhodnější plochy t a l . Rozměrová rozlišovací schopnost byla cca 100 μm , teplotní cca 0,05°C. Rozložení teploty podél tělíska je zobrazeno na spodní části obrázku a odpovídá odečtu teplot podél úsečky zobrazené na horní části obrázku jako modrozeleně vybarvená podélná osa tenzometru. Malá rozlišovací schopnost, vertikální osa kamery a šikmá poloha tělíska vzhledem k matici pixelů způsobily značně nehladkou křivku rozložení teplot. I přesto je zřetelně patrné nesymetrické rozložení vzhledem k příčné ose tenzometru, kde jeden konec je ohřát více než druhý. Zajímavá situace nastala při opakovaném měření, kdy byl změněn směr elektrického proudu. Za jinak stejných podmínek se více ohřál opačný konec tělíska, což je patrné z obr. 6. Z toho lze usuzovat, že na koncích tělíska v oblasti vývodů se vytváří polovodičový efekt, který může značně ovlivnit měření. Proto bude zřejmě při testování potřeba napájet tenzometr střídavým proudem, aby tento efekt byl eliminován.

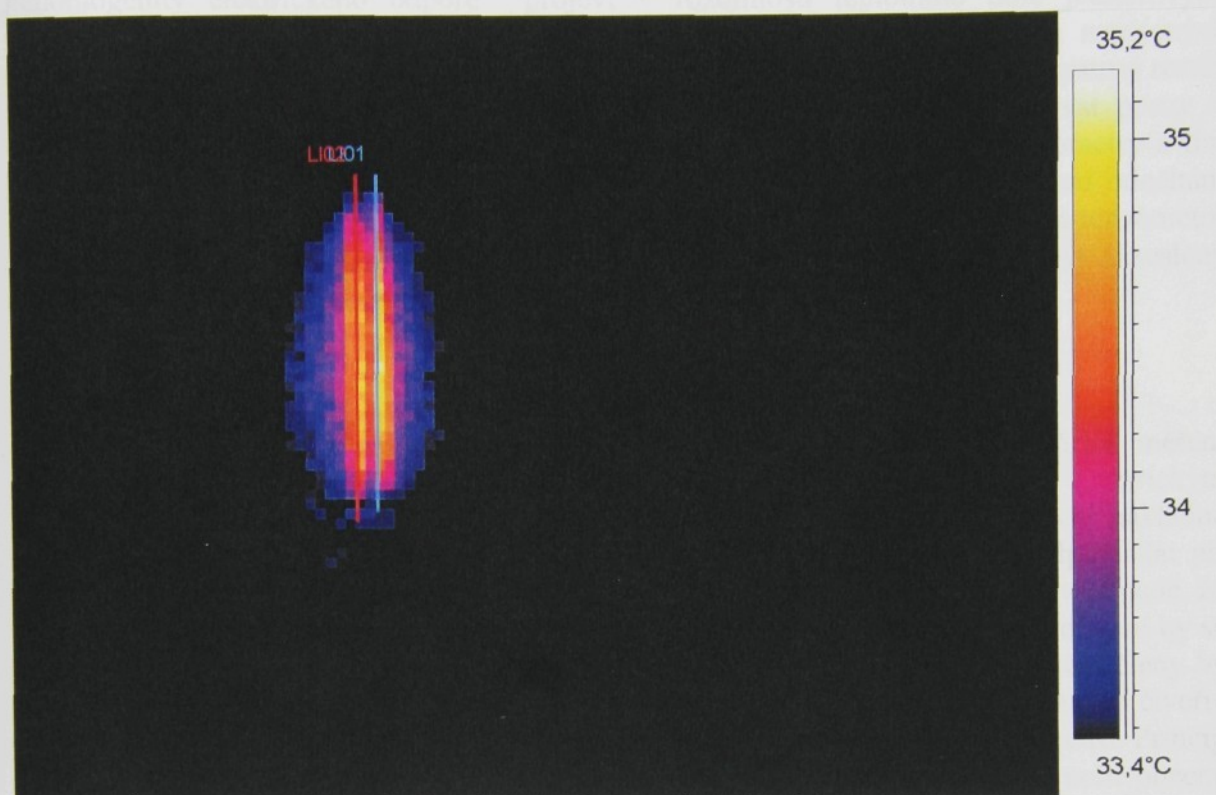
Pro zajímavost bylo provedeno i měření rozložení teplot na dvojici tenzometrů nalepených na nosníku snímače. Tento snímač vykazoval značnou závislost na teplotním spádu podél nosníku a bylo zajímavé zjistit, jak se příčina této závislosti v podobě



Obr. 5 Termovizní snímek těliska tenzometru, graf průběhu teploty podél těliska.



Obr. 6 Termovizní snímek tělíska tenzometru, graf průběhu teploty podél tělíska – opačný směr elektrického proudu než v případě na obr. 5 .



Obr. 7 Termovizní snímek teplotního pole dvojice tenzometrů nalepených na jedné straně nosníku snímače tahu nitě.

nehomogenity elektrického odporu projeví v rozdílnosti teplotního pole jednotlivých tenzometrů. Na obr. 7 je zobrazeno rozložení teploty podél obou tenzometrů napájených elektrickým proudem a nalepených na jedné straně nosníku snímače. Z grafu je patrný rozdíl teplotních průběhů u obou tenzometrů jehož příčina nemusí ale nutně spočívat pouze v nehomogenitě odporu. Vliv zde může mít např. různá vrstva lepidla pod tenzometry a tím rozdílný odvod tepla, případně nesprávně nastavená podélná osa tenzometru pro odečítání teploty. Usuzovat na kvalitu snímače z rozdílných průběhů teploty u nalepených tenzometrů na nosníku snímače je proto problematické, protože tyto průběhy mohou být zkresleny dalšími vlivy, jejichž působení lze obtížně odhadnout.

Závěr

Navržená metoda selekce tenzometrů pro snímače tahu nitě založená na měření rozložení teplotního pole podél tělíska tenzometru ohříváného procházejícím elektrickým proudem je v principu relativně jednoduchá, nicméně k její realizaci je zapotřebí nákladné měřicí zařízení v podobě termovizní techniky. Její využití je tedy možno předpokládat při větší výrobě snímačů. Při kusové výrobě by se mohla tato metoda uplatnit pouze v případě, že by termovizní měřicí zařízení sloužilo ještě k dalším účelům a náklady na jeho pořízení by se rozdělily. Výrobce vybrané čtveřice tenzometrů určené k instalaci na deformační členy by se přehodnotily podle odpovídajícího rozložení teplotních polí. U nově sestavovaných čtveřic tenzometrů by přitom nesmělo následovat zhoršování dalších sledovaných parametrů. Princip uvedené metody by bylo možno využít i jinde, a to v případech, kde je třeba určit obecně nehomogenitu rezistivity vodivého, polovodivého nebo odporového elektrického materiálu.

Literatura

- [1] Svoboda, M., Škop, P., Kretschmerová, L.: Analýza možností eliminace teplotních vlivů působících na stabilitu vyvážení tenzometrického můstku u snímačů tahu nitě. In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra TEXTIL, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS—01/003/CZ.
- [2] Sýkora, K.: Základy sdílení tepla. SNTL, Praha 1962

Vývoj nové generace snímačů pro mykací stroj a vývoj přístroje pro měření a analýzu vlastností přádelnických pramenů

První část zprávy se zabývá experimentálním zjišťováním závislosti zdvihu a síly při stlačování textilního rouna a matematickým modelem postupného stlačování rouna mezi podávacím válcem a pánvičkou mykacího stroje. Model respektuje časovou proměnlivost síly pro dané rychlosti posuvu rouna. Cílem práce je odvození nelineárních charakteristik snímačů délkových hmotností rouna na vstupu mykacího stroje, které fungují na principu měření síly působící na pánvičku a kroutícího momentu na podávacím válci. Tyto charakteristiky jsou experimentálně obtížně realizovatelné.

Druhá část zprávy je věnována příčné nestejnomyšlnosti rouna. Tato je zpravidla předmětem menší pozornosti, neboť se předpokládá její nižší vliv na hmotovou nestejnomyšlnost pramene. Při aplikaci různých regulačních systémů na vstupu však otázka příčné nestejnomyšlnosti je důležitou s ohledem na požadovanou potřebnou přesnost snímání veličiny, tj. hmotnosti krátkých úseků vláknenného rouna podávaného do mykaného stroje. Přesnost snímání sledované veličiny závisí na použitém fyzikálním principu a je žádoucí, aby příčná nestejnomyšlnost byla co nejmenší a aby případná extrémní nestejnomyšlnost v tomto směru nenarušila přesnost snímání veličiny.

Ve třetí části je zpráva o přístroji pro měření a analýzu přádelnických pramenů. Po odzkoušení funkčního modelu byla zhotovena prototypová verze elektroniky a konstruuje se mechanická část přístroje.

Dosavadní prostředky pro vyjádření míry hmotové nestejnomyšlnosti (U, CV) nemusí postihovat dostatečně citlivě ty složky hmotové nestejnomyšlnosti, které se mohou negativně projevit při finální operaci dopřádání, resp. v konečném produktu, tj. v přízi. Z tohoto hlediska se jeví výhodné aplikovat pro analytické vyjádření složek hmotové nestejnomyšlnosti tzv. "četnost překročení", která je nadefinována v poslední části.

Vývoj snímačů pro novou generaci mykacích strojů

Ing. Václav Čejka, VÚTS Liberec, a.s.

Odvození statického modelu

Bylo sestaveno měřicí zařízení pro proměřování stlačitelnosti známých vzorků rouna za statických podmínek (viz obrázek 1). Vzorek rouna se vloží mezi dvě desky. Zaznamenává se síla F potřebná pro stlačení rouna a zdvih pohyblivé desky, který budeme v rámci této zprávy nazývat stlačení h . Měření bylo realizováno pro 89 vzorků rouna ze 100% bavlny a 25 vzorků směsi 50% bavlna+50% polyester. Tímto způsobem byla získána regresní závislost typu

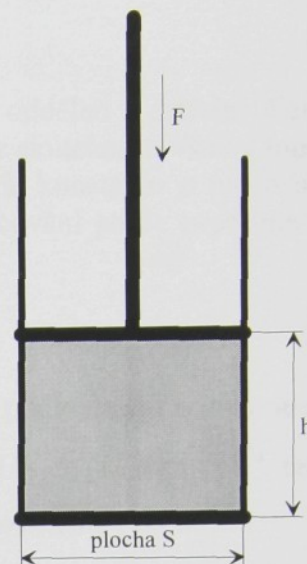
$$F = K_1 \frac{m^3}{h^3}, \quad (1)$$

kde m je hmotnost stlačovaného materiálu a K_1 je konstanta. Tím byla ověřena platnost VanWykova vztahu (viz [1], str. 212), který můžeme podrobněji rozepsat s novou konstantou K pomocí hustoty materiálu vláken ρ a plochy S , na které je materiál stlačován

$$F = K \frac{m^3}{\rho^3 S^2 h^3}. \quad (2)$$

Tato závislost síly na stlačení je znázorněna na obrázku 2. Model by mohl být zpřesněn odečtením určité hodnoty, která je funkcí hmotnosti m , od stlačení h , protože ve skutečnosti materiál nelze stlačit na nulový objem. Ukázalo se však, že toto zpřesnění není statisticky významné.

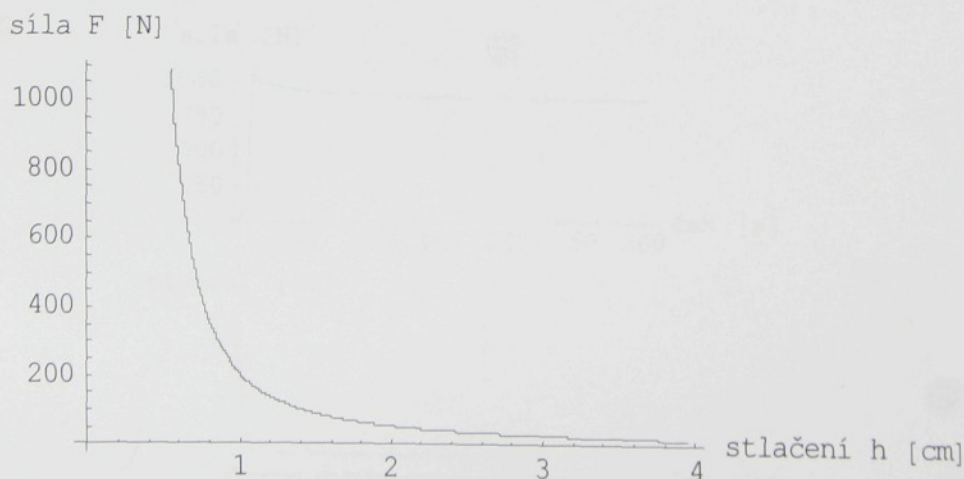
Vzorky byly v zařízení stlačovány několikrát za sebou a porovnáním koeficientů K pro opakované stlačení se ukázala významná časová závislost. Je-li vzorek delší dobu stlačen na pevně dané stlačení h , které se dále nemění, síla potřebná k stlačení se vlivem relaxace materiálu zmenšuje nejprve velmi rychle, později naopak už velmi pomalu. Na obrázku 3 je ukázka typického časového průběhu síly a stlačení pro postupné stlačování a následné zafixování experimentálního zařízení na zvoleném stlačení. Z grafu je patrný průběh síly při zafixovaném stlačení – má tvar exponenciely tvaru e^{-ct} . Je přitom zřejmé, že k relaxaci materiálu dochází v každém časovém okamžiku a je správné v každém okamžiku uvažovat celý předchozí průběh stlačování. Z modelu (2) nezávislého na čase docházíme proto k integrálnímu modelu zahrnujícímu exponenciální útlum v závislosti na změně síly v každém okamžiku ($h(t)$ značíme průběh stlačení v čase)



Obrázek 1:
Experimentální zařízení

$$\tilde{F}_t(t) = K \frac{m^3}{\rho^3 S^2} \int_0^\infty \left(\frac{1}{h(t-\tau)^3} \right) e^{-c\tau} d\tau = \frac{\partial F(t)}{\partial t} * e_+^{-ct} \quad (3)$$

Zde $F(t)$ je síla podle modelu (2), hvězdička značí konvoluci a funkce e_+^{-ct} je exponenciála, která je nulová pro $t < 0$. Vztah je možné upravit integrací per partes



Obrázek 2: Ukázka naměřené závislosti síly potřebné na stlačení rouna na ploše 139cm^2 , materiál směs 50% bavlna 50% PES, hmotnost $14,566\text{ g}$

$$\tilde{F}_t(t) = F(t) - c F(t) * e^{-ct} \tag{4}$$

V takto napsaném modelu je vliv relaxace materiálu již názorně oddělen v druhém členu. V tomto modelu ale při upevněném stlačení síla klesne až k nule. Ve skutečnosti však v tomto případě síla ubývá ke kladné hodnotě $(1-p) F$ (viz obrázek 3), kde konstantu p nazýváme modulem útlumu. Přidáním koeficientu p tedy získáme model stlačování podle experimentu na obrázku 1

$$F_t(t) = F(t) - p c F(t) * e^{-ct} \tag{5}$$

V praxi při měření můžeme předpokládat ekvidistantní vzorkování podle času t s intervalem Δt a konvoluci je pak možné realizovat pomocí rekurzivního filtru $U_{i+1} = (U_i + \frac{1}{h_i^3}) e^{-\Delta t}$, tedy diskrétní model pro použití na měřených datech má jednoduše realizovatelný tvar

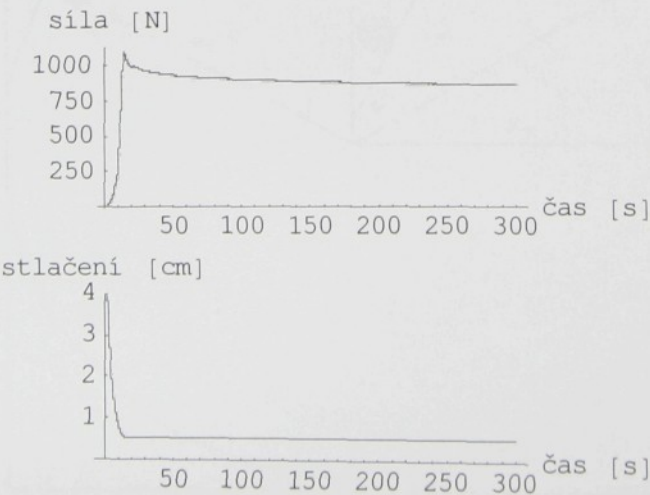
$$F_t(i) = K \frac{m^3}{\rho^3 S^2} (\frac{1}{h_i^3} - p c \Delta_t U_i) \tag{6}$$

Tabulka 1 obsahuje hodnoty koeficientů určené pro dva materiály minimalizací střední kvadratické odchylky modelu (6) od naměřených dat.

	jednotky	100% bavlna	50% bavlna 50%PES
Hustota ρ	kg/m ³	1530	1455
Koeficient deformace K	Pa	3,78*10 ⁷	3,44*10 ⁷
Modul útlumu p	1	0,2	0,27
Koeficient útlumu c	1/s	0,029	0,063

Tabulka 1: Experimentálně určené koeficienty modelu (6)

Zjištěné koeficienty odpovídají dobře všem experimentům, ale vzhledem k postupnému získávání vzhledu do problému nebyly všechny experimenty prováděny za stejných podmínek. V budoucím je tedy třeba provést jejich přesnější ověření a zjistit jejich hodnoty pro širší spektrum materiálů.



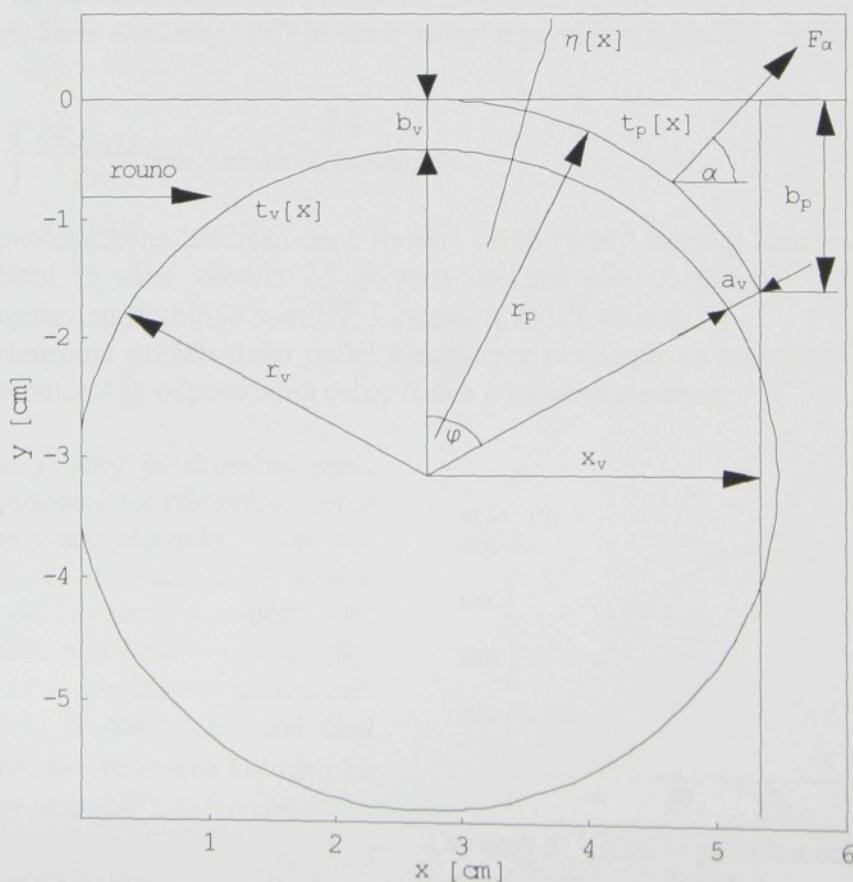
Obrázek 3: Ukázka časového průběhu síly a stlačení pro stejný vzorek jako na obrázku 2

Model průchodu rouna stlačovací zónou

Rouno je v prostoru podávacího válce a pánvičky stlačováno postupně. Uvažujeme takový model, ve kterém je úzký sloupec materiálu kolmý na pánvičku při průchodu ústrojím pouze stlačen ve směru své výšky, nezmění tvar, a zůstává stále kolmý na pánvičku. Stlačované sloupce mají podstavu šířky l ve směru osy podávacího válce a délku s ve směru pohybu materiálu. Přitom $s \ll l$. Místo hmoty m dosadíme jemnost $q=m/s$ a rozepíšeme konvoluci. Zajímá nás nyní velikost síly na plošce délky s (a šířky l) v místě x na pánvičce, kde stlačení (výška sloupečku) je dáno průběhem výšky vstupního průřezu $\eta(x)$. Pro určení vlivu relaxace materiálu uvažujeme pohyb materiálu konstantní rychlostí v (pak při znalosti průřezu známe časový vývoj stlačení sloupečku materiálu):

$$F_x(x,s) = K \frac{q^3}{\rho^3 l^2} s \left(\frac{1}{\eta(vt)^3} - p c \int_0^{x/v} \frac{1}{\eta(x-vt)^3} e^{-ct} dt \right) \quad (7)$$

Dolní mez integrálu je určena funkcí e^{-ct} , která je pro záporná t nulová. Horní mez je podobně určena funkcí průřezu $\eta(x)$, pokud uvažujeme, že stlačování materiálu začíná pro $x=0$. Model dobře popisuje stlačování rouna, pokud souřadnice x určuje dráhu podél pánvičky. Ve skutečnosti je pánvička v první části rovná (zde je možno použít kartézské souřadnice pro x) a v druhé části oblouková s konstantním poloměrem křivosti r_p . Tento fakt je nutné brát v úvahu při dalším použití modelu.



Obrázek 4: Podávací válec a pánvička

Modelované výsledky

Již z jednoduchého modelu (2) vyplývají některé rámcové odhady pro funkci snímače. Zvýšením množství materiálu se síla zvýší s třetí mocninou, tedy např. zvýšením o 20% vzroste síla o 72,8% (hmotnost zvýšíme faktorem 1.2, síla se zvýší faktorem $1.2^3 = 1.728$). Zúžením pánvičky na polovinu při snížení množství materiálu také na polovinu se síla přirozeně sníží také na polovinu.

Obrázek 4 znázorňuje podávací válec a pánvičku v rozměrech odpovídajících realitě. V modelu je uvažován válec s řídkým navinutím zubů, aby bylo možné jejich objem (změnu poloměru válce) zanedbat. Parametry tohoto systému jsou poloměr válce r_v , poloměr křivosti pánvičky r_p , výška náběhu pánvičky b_p a dále šířka mezery mezi válcem a pánvičkou v místě změny křivosti pánvičky b_v a na konci pánvičky a_v . Z konstrukčních důvodů uvažujeme zatím první tři parametry pevné, měnit budeme pouze velikosti mezer a_v a b_v . Průběh tlaků podél pánvičky (v souřadnicích povrchu pánvičky) v několika nastaveních těchto mezer vykreslují obrázky 6 a 7 (nerovnosti v obrázku jsou způsobeny počítačovým převodem, ne modelem.) Tabulky 2 a 3 vyčíslují krouťací moment na válečku a celkovou sílu na pánvičce ve směru kolmém na konec pánvičky v závislosti na nastavení mezer a_v a b_v . Pro výpočet krouťacího momentu byl v současnosti koeficient tření odhadnut $f = 0.25$, v budoucím je však nutné ho experimentálně určit. Podrobněji byl výpočet proveden na základě modelu (7) pro $s \rightarrow 0$ (sloupečky materiálu nekonečně úzké) integrací síly podél celé pánvičky. Pro krouťací moment (třecí sílu) bereme jen složku síly kolmou na povrch válce ($\beta(x)$ je úhel sloupečku materiálu v místě x na pánvičce k tečně k podávacímu válci v místě dotyku sloupečku)

$$M_k = \int \frac{\partial F_x(x,s)}{\partial s} f r_v \sin \beta(x) dx \quad (8)$$

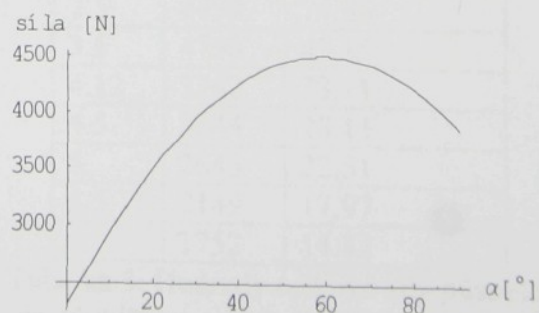
Sílu působící na pánvičku budeme snímat ve zvoleném směru s orientovaným úhlem α od vodorovné osy. Je-li $\text{ArcTan}(t_p'(x))$ je směr tečny k pánvičce v bodě x , pak celková síla ve směru α je

$$F_\alpha = \int \frac{\partial F_x(x,s)}{\partial s} \sin(\text{ArcTan}(t_p'(x)) - \alpha) dx \quad (9)$$

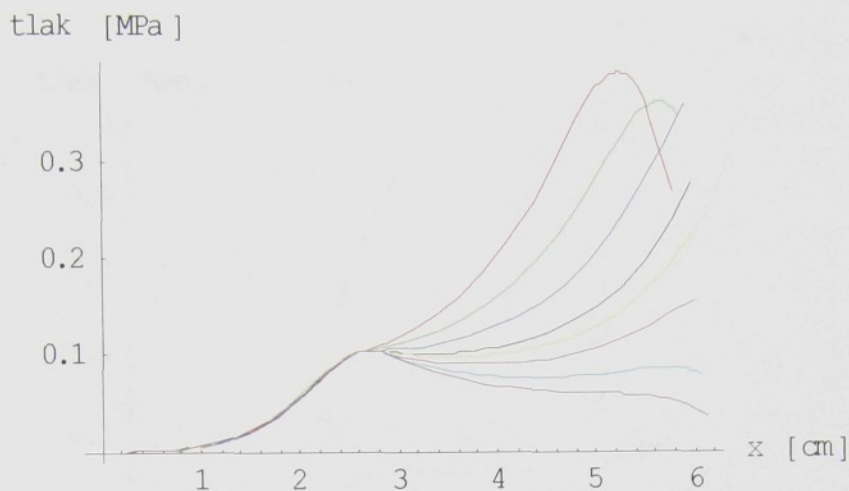
Z textilně-technologického hlediska není vhodný příliš rychlý vzestup tlaku podél pánvičky, z pohledu měření je však vhodná co největší celková síla. Z obrázků tedy vyplývá, že nejvhodnější nastavení šterbin je $a_v \in (2.5, 3.2)\text{mm}$, $b_v \in (3.5, 4)\text{mm}$.

Obrázek 8 znázorňuje průběh tlaku podél pánvičky v závislosti na množství procházejícího materiálu a v tabulce 4 je odpovídající celková síla a krouťací moment.

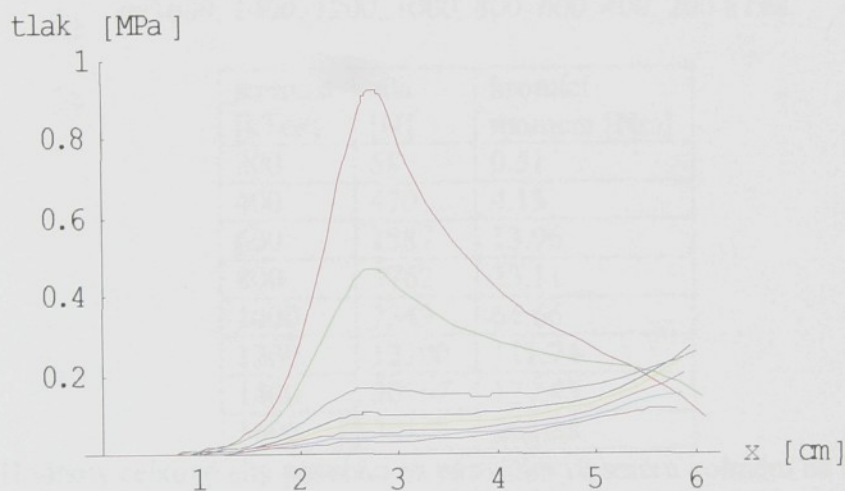
Zůstává otázkou, jaký je skutečný směr celkové síly působící na pánvičku. Tento směr závisí na tvaru pánvičky, proto byl v grafech 6,7,8 a tabulkách 2,3,4 zvolen průmět síly do zvoleného směru. Ve skutečném směru působení je průmět síly, jak je vykreslen na obrázku 8, maximální. Z grafu vyplývá, že tento směr má úhel cca $\alpha = 60^\circ$ (zatímco ve směru kolmém na konec pánvičky je $\alpha = 26^\circ$).



Obrázek 5: Velikost průmětu celkové síly do různých směrů. Výpočet pro $q=800 \text{ kTex}$, $a_v=2.98\text{mm}$, $b_v=4.12\text{mm}$



Obrázek 6: Průběh tlaku podél pánvičky o šířce 0.9 m při stlačování 100% bavlny o jemnosti 800 kTex, $b_v=4.12$ mm. Měněný parametr byla šířka mezery a_v . Hodnoty od shora: $a_v=1.5$ mm, 2mm, 2.5mm, 2.98mm, 3.2mm, 3.5mm, 4mm, 4.5mm.



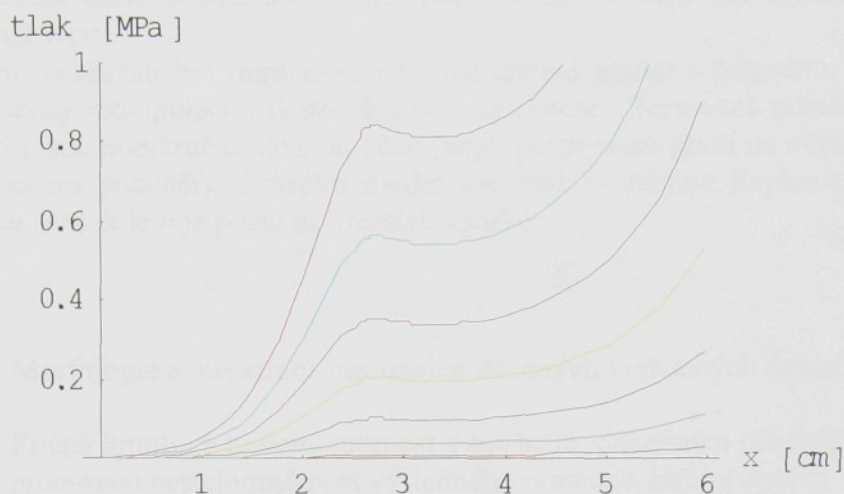
Obrázek 7: Průběh tlaku podél pánvičky o šířce 0.9 m při stlačování 100% bavlny o jemnosti 800 kTex, $a_v=2.98$ mm. Měněný parametr byla šířka mezery b_v . Hodnoty od shora: $b_v=2$ mm, 2.5mm, 3.5mm, 4.12mm, 4.5mm, 5mm, 5.5mm, 6mm.

a_v [mm]	síla [N]	krouťící moment [Nm]
1.5	6281	47.69
2.	5535	44.60
2.5	4655	39.48
2.98	3762	33.11
3.2	3383	30.21
3.5	2925	26.67
4.	2331	22.12
4.5	1916	18.82

Tabulka 2: Hodnoty celkové síly působící na pánvičku ve směru kolmém na konec pánvičky a hodnoty krouťícího momentu na podávacím válci pro nastavení jako na obrázku 5.

b_v [mm]	síla [N]	krouťící moment [Nm]
2.	10517	113.94
2.5	7459	74.86
3.5	4750	43.15
4.12	3762	33.11
4.5	3244	28.11
5.	2645	22.51
5.5	2149	17.97
6.	1752	14.42

Tabulka 3: Hodnoty celkové síly působící na pánvičku ve směru kolmém na konec pánvičky a hodnoty krouťícího momentu na podávacím válci pro nastavení jako na obrázku 6.



Obrázek 8: Průběh tlaku podél pánevky o šířce 0.9 m při stlačování 100% bavlny o různé jemnosti. Nastavení mezer: $a_v=2.98\text{mm}$, $b_v=4.12\text{mm}$. Jemnosti od čáry s nejvyšším tlakem: $q=1600, 1400, 1200, 1000, 800, 600, 400, 200$ kTex.

jemnost [kTex]	síla [N]	kroucí moment [Nm]
200	58	0.51
400	470	4.13
600	1587	13.96
800	3762	33.11
1000	7349	64.66
1200	12700	111.74
1400	20167	177.45
1600	30103	264.88

Tabulka 4: Hodnoty celkové síly působící na pánevku ve směru kolmém na konec pánevky a hodnoty kroucího momentu na podávacím válci pro nastavení jako na obrázku 7.

Závěr

Představený model dobře popisuje zcela *rovnoměrné* rouno při *statickém* stlačování. Podélnou nestejnomyšnost materiálu je možné lehce do modelu zakomponovat vsunutím proměnné jemnosti $q(x)$ do závorky ve vztahu (7):

$$F(x, s, h) = K \frac{1}{\rho^3 l^2} s \left(\frac{q(x)^3}{h(v t)^3} - p c \int_0^{x/v} \frac{q(x-v t)^3}{h(x-v t)^3} e^{-ct} dt \right) \quad (10)$$

Z dosavadních experimentů je však zřejmý i podstatný vliv příčné nestejnomyšnosti rouna. Ten je možné popsat rozdělením rouna na několik úzkých pásů. Základem pro tyto úvahy je studie [2].

V modelu byl použit „statický“ předpoklad zachování sloupců materiálu při průchodu – v realitě však jistě dochází k přeskupení vláken jak vlivem tření o pánevku, tak vlivem záběru zubů podávacího válce. Také není znám koeficient tření pro výpočet kroucího momentu podávacího válce. Je tedy potřebné navrhnout a sestavit vhodné experimentální

zařízení, na kterém bude posouzeno dynamické chování navrženého modelu a kalibrací zahrnout zmíněné vlivy.

Pro všechny tyto možnosti byl implementován komplexní model v programu Mathematica. Umožňuje flexibilní manipulaci s tímto složitým systémem. Testovací numerické výpočty spojitého modelu jsou poměrně časově náročné (např. generování grafu na obrázku 6 trvá cca 2 hod na výkonném počítači), diskrétní model (6) však umožňuje implementaci výpočtů s náročností řádu $o(n)$, kde n je počet diskrétních vzorků.

Literatura:

- [1] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů, TU Liberec, 1998
- [2] Ursíny, P.: Příčná hmotová nestejnoměrnost v plošném vláknenném předlohovém útvaru a její vliv na hmotovou nestejnoměrnost výsledného pramene, interní zpráva

Příčná hmotová nestejnomyěrnost v plošném vláknenném předlohovém útvaru a její vliv na hmotovou nestejnomyěrnost výsledného pramene

Prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.

Hmotová nestejnomyěrnost v příčném směru u plošného předlohového vláknenného útvaru a její vliv na hmotovou nestejnomyěrnost v podélném směru

Předpokládáme rozdělení plošného útvaru na vláknenné útvary o stejné šířce. Uvažujeme, že každý takto vymezený vláknenný (délkový) útvar má určité podélné kolísání hmotnosti krátkých úseků, které lze vyjádřit rozptylem hmotnosti

$$\sigma_{p1}^2; \sigma_{p2}^2; \dots \sigma_{pi}^2; \dots \sigma_{pn}^2$$

a obecně předpokládejme, že střední hodnoty hmotnosti krátkých úseků jsou nestejné:

$$m_{p1}; m_{p2}; \dots m_{pi}; \dots m_{pn}$$

Při statistické nezávislosti hmotnosti krátkých úseků mezi jednotlivými délkovými produkty bude platit:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{pi}^2 \quad (1)$$

$$m_p = \sum_{i=1}^n m_{pi} \quad (2)$$

resp. vyjádřeno pomocí středních jemností jednotlivých vláknenných produktů

$$T_p = \sum_{i=1}^n T_{pi}$$

σ_p^2 rozptyl hmotnosti (délkové hmotnosti) krátkých úseků plošného vláknenného útvaru [g^2 ; tex^2]

σ_{pi}^2 rozptyl hmotnosti (délkové hmotnosti) krátkých úseků i – tého dílčího délkového vláknenného produktu [g^2 ; tex^2]

m_p střední hmotnost krátkého úseku plošného vláknenného útvaru [g]

T_p střední délková hmotnost (jemnost) krátkého úseku ploš. vláknenného útvaru [tex]

m_{pi} střední hmotnost krátkého úseku i – tého délkového vláknenného útvaru [g]

T_{pi} střední délková hmotnost (jemnost) krátkého úseku i – tého délkového vláknenného útvaru [tex]

n celkový počet délkových vláknenných útvarů tvořících plošný vláknenný útvar

Střední celková délková hmotnost krátkých úseků plošného vlákenného útvaru (rouna) T_p [tex] a celkový rozptyl délkové hmotnosti krátkých úseků plošného vlákenného útvaru (rouna) σ_p^2 , umožňuje stanovit kvadratickou nestejnoměrnost CV_p [%] délkové hmotnosti krátkých úseků plošného vlákenného útvaru (rouna).

$$CV_p = \frac{\sigma_p}{T_p} \cdot 100 \Rightarrow \sigma_p = \frac{CV_p \cdot T_p}{100} \quad (3)$$

Obdobně kvadratická nestejnoměrnost CV_{pi} délkové hmotnosti krátkých délkových úseků i - tého délkového vlákenného útvaru.

$$CV_{pi} = \frac{\sigma_{pi}}{T_{pi}} \cdot 100 \Rightarrow \sigma_{pi} = \frac{CV_{pi} \cdot T_{pi}}{100} \quad (4)$$

Využijeme vztah (1),(3),(4) pro určení CV_p [%]

$$\frac{CV_p^2 T_p^2}{10^4} = \sum_{i=1}^n \frac{CV_{pi}^2 T_{pi}^2}{10^4} \quad (5)$$

$$CV_p = \frac{1}{T_p} \sqrt{\sum_{i=1}^n CV_{pi}^2 T_{pi}^2} \quad (6)$$

resp.

$$CV_p = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n CV_{pi}^2 T_{pi}^2}}{\left(\sum_{i=1}^n T_{pi}\right)^2} \quad (7)$$

Poslední vztah (7) je obecný pro různé hodnoty T_{pi} a CV_{pi} .

Pro případ stejných hodnot T_{pi}

$$T_{p1} = T_{p2} \dots = T_{pi} \dots = T_{pn} = T_{pj}$$

platí

$$CV_p = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n CV_{pi}^2}}{n} \quad (8)$$

Pro případ stejných hodnot T_{pi} (viz. předchozí případ) a i CV_{pi}

$$CV_{p1} = CV_{p2} = \dots = CV_{pi} = \dots CV_{pn} = CV_{pj}$$

$$CV_p = \frac{CV_{pj}}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Což, jak známo, odpovídá „zákonu družení“. Vztahy (8) a zejména (9) jsou uvedeny pouze pro ověření, pro vlastní analýzu vlivu příčné hmotové nestejnoměrnosti použijeme odvozený obecný vztah (7), tj.:

$$CV_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n CV_{pi}^2 \cdot T_{pi}^2}{\left(\sum_{i=1}^n T_{pi}\right)^2}}$$

resp.

$$CV_p = \frac{1}{T_p} \sqrt{\sum_{i=1}^n T_{pi}^2 \cdot CV_{pi}^2} \quad (10)$$

CV_p kvadratická nestejnoměrnost délkové hmotnosti krátkých úseků (délka Δl) plošného vlákenného útvaru (rouna) [%]

CV_{pi} kvadratická nestejnoměrnost délkové hmotnosti krátkých úseků (délka Δl) i – tého délkového vlákenného útvaru [%]

T_{pi} střední délková hmotnost krátkého úseku (délka Δl) i – tého délkového vlákenného útvaru [tex]

n celkový počet délkových vlákenných útvarů tvořících plošný vlákenný útvar

T_p střední délková hmotnost krátkého úseku (délka Δl) délkového vlákenného útvaru [tex]

$$T_p = \sum_{i=1}^n T_{pi}$$

Vliv příčné hmotové nestejnoměrnosti na podélnou hmotovou nestejnoměrnost vlákenného rouna.

Ze vztahu (10) vyplývá, že případná výraznější hmotová nestejnoměrnost, týkající se vymezeného podélného délkového vlákenného útvaru, bude poměrně intenzivně tlumena:

$$CV'_p = \frac{1}{T_p} \sqrt{CV_{pk}^2 \cdot T_{pk}^2 + \sum_{i=1}^n CV_{pi}^2 \cdot T_{pi}^2} \quad (11)$$

CV_{pk} přídavná kvadratická nestejnoměrnost délkové hmotnosti krátkých délkových úseků k – tého délkového vlákenného útvaru (se zvýšenou hmotovou nestejnoměrností)

T_{pk} střední délková hmotnost krátkého úseku (délka Δl) k – tého délkového vlákenného útvaru (se zvýšenou hmotovou nestejnoměrností)

σ_{pk}^2 přídavný rozptyl délkové hmotnosti krátkých délkových úseků, k – tého délkového vlákenného útvaru (se zvýšenou hmotovou nestejnoměrností).

Toto tlumení bude tím větší, čím bude hodnota přídavného rozptylu $\sigma_{pk}^2 = \frac{CV_{pk}^2 \cdot T_{pk}^2}{100^2}$ menší.

Vztah (11) lze upravit na tvar:

$$CV'_p = \frac{100}{T_p} \sqrt{\sigma_{pk}^2 + \sigma_p^2} \quad (12)$$

$$\text{kde } \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n (CV_{pi}^2 \cdot T_{pi}^2) 10^{-4}$$

$$\text{resp. } CV_p' = \frac{100\sigma_p}{T_p} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{pk}^2}{\sigma_p^2}} \quad (13)$$

σ_p^2 rozptyl délkové hmotnosti krátkých úseků (délka Δl) plošného vlákenného útvaru (rouna) bez přídavné hmotové nestejnoměrnosti

$$CV_p' = CV_p \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{pk}^2}{\sigma_p^2}} \quad (14)$$

CV_p kvadratická nestejnoměrnost délkové hmotnosti krátkých úseků (délka Δl) plošného vlákenného útvaru (rouna) bez přídavné hmotové nestejnoměrnosti [%]

CV_p' kvadratická nestejnoměrnost délkové hmotnosti krátkých úseků (délka Δl) plošného vlákenného útvaru (rouna) i s přídavnou hmotovou nestejnoměrností [%]

$k = \frac{\sigma_{pk}}{\sigma_p}$. míra přídavné hmotové nestejnoměrnosti (přídavná střední kvadratická odchylka) vůči celkové střední kvadratické odchylce bez přídavné nestejnoměrnosti

$$CV_p' = CV_p \sqrt{1 + k^2} \quad (15)$$

Závislost celkové kvadratické nestejnoměrnosti CV_p' na míře přídavné hmotové nestejnoměrnosti vyplývá z následujícího grafu (obr.1).

Příčná nestejnoměrnost je zde představena přítomností složky se zvýšenou podélnou nestejnoměrností a vliv přídavné variability vyjádřené relativní mírou „ k “ je zobrazen prostřednictvím úrovně veličiny kvadratické nestejnoměrnosti CV_p' , která obsahuje i přídavnou nestejnoměrnost a s rostoucím „ k “ se hodnota CV_p' zvyšuje.

Závěr

Hmotová nestejnoměrnost v příčném směru je vyjádřena u plošné textilie (rouna) určitou mírou přídavné nestejnoměrnosti u některých podélných pruhů této textilie.

Tzn., že plošná textilie, rozdělená na podélné délkové textilie o obecně různých jemnostech, je předpokládána jako plošný vlákenný útvar, který ve zmíněných podélných pruzích vykazuje jistou nerovnoměrnost danou různými hodnotami T_{pi} [tex] a CV_{pi} [%].

$$\left(\frac{T_{pi}^2 \cdot CV_{pi}^2}{10^4} = \sigma_{pi}^2 \right), \text{ takže lze uvádět zmíněné veličiny } T_{pi} \text{ a } CV_{pi} \text{ společně,}$$

prostřednictvím σ_{pi}^2 a pak hovoříme o podélných délkových vlákenných útvarech, které sledovány v příčném směru jsou nestejnoměrné z hlediska σ_{pi}^2 , popř. z hlediska CV_{pi} , T_{pi} [tex].

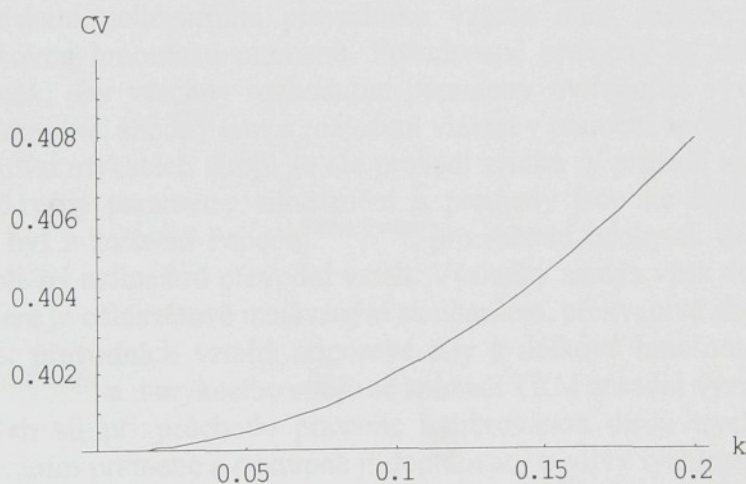
Takto pojatá příčná nestejnoměrnost se promítá do nestejnoměrnosti podélné u výsledného plošného vlákenného útvaru v míře dané vztahem(15). Tzn.že pokud přídavná variabilita

v porovnání s variabilitou původní není velká, jde o nepatrné přírůstky v celkové podélné hmotové nestejnomyěrnosti daného plošného vlákenného útvaru.

Pro sejmutí příčného průřezu v rámci regulačního systému je žádoucí však co nejpřesnější měření hmotnosti vlákenného rouna, přestože přídavná variabilita se nepromítá výraznějším způsobem do celkové (podélné) hmotové nestejnomyěrnosti vlákenného rouna.

Lze konstatovat, že případná zvýšená variabilita pruhů délkové textilie, které odpovídá jistá přídavná nestejnomyěrnost, nebude znamenat výraznější zvýšení nestejnomyěrnosti v podélném směru, přestože v příčném směru se jeví jako zřetelná příčná variabilita.

Hmotová nestejnomyěrnost pramene pak samozřejmě rovněž nebude vykazovat výraznější zvýšení hmotové nestejnomyěrnosti z důvodu případné příčné hmotové nestejnomyěrnosti u předlohového vlákenného produktu.



Obr.1.: Průběh kvadratické nestejnomyěrnosti $CV_p' = CV$ v závislosti na míře přídavné hmotové nestejnomyěrnosti k .

Zařízení pro měření a analýzu kvalitativních vlastností přádelnických pramenů Papeon^{Sliver Tester}

Ing. Pavel Klouček, VÚTS Liberec, a.s., doktorand Fakulty mechatroniky TU Liberec
Petr Šidlof, student 5. ročníku FJFI, ČVUT Praha
Ondřej Hudousek, student 6. ročníku FEL, ČVUT Praha

V loňském roce byl zrealizován a odzkoušen funkční model měřicího zařízení Papeon^{Sliver Tester} [1]. Zvolená koncepce se osvědčila a výsledky z laboratorních měření byly použity v návrhu prototypu přístroje. Firma ASIX Praha navrhla unifikovanou desku plošných spojů, která při dosazení dalších součástek je současně použita ve vyvíjeném zařízení WAWET. Propojení se snímači a dalšími moduly se provádí kvalitními konektory pro případnou snadnou výměnu. Vyrobená byla také finální verze desky napájení měřicího zařízení a ovládání motoru. Podstatné změny byly uplatněny v návrhu mechanické části přístroje, která musí zajistit dokonalý a rovnoměrný průchod pramene měřícím trychtýřkem. Pozornost byla věnována potlačení mechanického kmitání od pohonu, elektrickému stínění hlavních částí elektroniky přístroje a konstrukci krytu zařízení splňující požární a bezpečnostní předpisy. V současné době se mechanická část konstruuje.

Hledají se další matematické metody k objektivnímu hodnocení hmotové nestejnoměrnosti pramenů, např. metodou četnosti překročení, jejíž metoda je teoreticky rozpracována [2].

Problematické se ukázalo zajišťování textilních pramenů s odstupňovanou délkovou hmotností pro získání nelineárního převodního vztahu mezi měřenou odporovou silou trychtýřku a délkovou hmotností pramenů. Požadované prameny by měly být získány za shodných podmínek, aby všechny rozhodující parametry ovlivňující výsledky měření byly shodné (shodná surovina, shodný tvar a rozložení vláken v prameni apod.). Změna délkových hmotností pramenů u mykacích strojů se ale provádí zřídka. V případě zjemňování pramenů průtahem se sledované parametry silně mění a prameny jsou ke kalibraci nepoužitelné. Z těchto důvodů byl u zařízení Papeon^{Sliver Tester} pro měření odchylek délkových hmotností použit pouze přibližný nelineární převodní vztah. Výsledky analýz však dosáhly se zařízením Uster Tester 4, které je celosvětově uznávaným standardem, překvapivé shody.

Metody stanovení převodních vztahů odporové síly a délkové hmotnosti pramenů mají u přístroje Papeon^{Sliver Tester} a u mykacího stroje se snímači TRM zásadní význam. Pro zobecnění vzniku odporových sil při průchodu pramene kalibrovanou dírou trychtýřku je potřebné zabývat se stlačováním pramene a postupně ji doplňovat i o vlivy rychlostí pramene. Z těchto důvodů byl řešitelský kolektiv počátkem roku rozšířen o Prof. Ing. Petra Ursínyho, DrSc, který se v několika zprávách teoreticky zabýval stlačováním vlákenných útvarů [3], [4].

- [1] Klouček, P., Šidlof, P., Hudousek, O.: Zařízení pro měření a analýzu kvalitativních vlastností přádelnických pramenů Papeon^{Sliver Tester}, In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra TEXTIL, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS—01/003/CZ.
- [2] Ursíny, P.: Hodnocení hmotové nestejnoměrnosti pramene – četnost překročení, interní zpráva
- [3] Ursíny, P.: Matematický model stlačování vlákenných útvarů, interní zpráva
- [4] Ursíny, P.: Zatížení pramene při průchodu trychtýřkem snímače – odporová síla pramene při tahovém namáhání, interní zpráva

Hodnocení hmotové nesterjnoměrnosti pramene – četnost překročení

Prof.Ing.Petr Ursíny, DrSc.

Rozbor četnosti překročení [1]

Určení četnosti překročení je další možností, vedle autokorelační, spektrální a délkové variační funkce, vyjádřit hmotovou nesterjnoměrnost pramene, prástů a příze.

Četnost překročení přes určitou mezní hodnotu je definována:

$$f = \frac{a}{L} \quad (1)$$

σ_p^2 rozptyl hmotnosti (dédkové hmotnosti) krátkých úseků plošného vlákenného útvaru [g^2 ; tex^2]
 f četnost překročení
 a počet překročení
 L měřená délka

Uvnitř měřené délky L bude relativní odchylka p od střední hodnoty $\bar{m}$ hmotnosti a – krát překročena.

Pro názornost je sledována četnost překročení na délce produktu $L = 0,25$ m. V grafickém zobrazení jsou zřejmé příslušné četnosti (obr.1).

Použité symboly :

x osa vlákenného produktu
 n počet vláken v příčném průřezu
 $\bar{n}$ střední počet vláken v příčném průřezu
 m hmotnost krátkého úseku vlákenného produktu
 $\bar{m}$ střední hodnota z hodnot m
 p relativní odchylka
 L měřená délka
 a počet překročení hodnot m resp. n, p
 f četnost překročení
 A celkový počet překročení

Relativní odchylka $p(x)$ hmotnosti $m(x)$ (nebo počtu vláken $n(x)$) v příčném průřezu na místě x u ideálního pramene je:

$$p(x) = \frac{m(x) - \bar{m}}{\bar{m}} = \frac{n(x) - \bar{n}}{\bar{n}} \quad (2)$$

Pokud budeme na více místech podél osy vlákenného produktu x počítat počty vláken, tak obdržíme různá n , která kolísají okolo střední hodnoty $\bar{n}$. Pro daný příčný řez je pravděpodobnost výskytu n vláken dána Poissonovým rozdělením:

$$P(x) = \frac{n^x \cdot e^{-\bar{n}}}{x!} \quad (3)$$

Měřená délka L délkového vlákenného produktu, by měla být podle požadavků, statistické spolehlivosti co nejdelší (např. $L = 2-5$ km). Na obr.1 je pro objasnění zvolena jen malá délka

$L = 0,25\text{m}$. Uvnitř měřené délky je určitá relativní odchylka p ve smyslu rostoucí hodnoty celkově A – krát překročena. Počet A překročení dělený měřenou délkou L je celková četnost překročení f_c .

$$f_c = \frac{A}{L} \quad (4)$$

A celkový počet překročení .

Mezi veličinami $\bar{n}$, L , A a střední délkou $\bar{l}$ je určitý vztah. Další odvození probíhá za předpokladu, že $L \gg \bar{l}$. Počet počátků vlákna uvnitř měřené délky L je A_v . Celková délka na sobě ležících všech vláken uvnitř měřené délky L je

$$\bar{l}_c = A_v \bar{l} \quad (5)$$

Střední počet vláken v příčném průřezu $\bar{n}$ je

$$\bar{n} = \frac{\bar{l}_c}{L} \quad (6)$$

Porovnáním rovnic (5),(6) lze uvést

$$A_v \bar{l} = \bar{n} L$$

$$A_v = \frac{\bar{n} L}{\bar{l}} \quad (7)$$

V případě, že budeme uvažovat hustotu nastavených hranic s počty vláken a tak, že $\Delta n = 1$ potom

$$A_v = A \quad (8)$$

V tomto případě celkový počet překročení je roven celkovému počtu předních konců vláken resp. počtu pozitivních skoků uvnitř měřené délky L .

Tím platí pro celkový počet A , vztažený na celkovou délku L , vztah:

$$\frac{A}{L} = \frac{\bar{n}}{\bar{l}} \quad (9)$$

Četnost překročení $f(n)$ lze určit jako součin pravděpodobnosti $P(n)$ a celkového počtu pozitivních skoků na jednotku délky A/L :

$$f(n) = P(n) \cdot \frac{A}{L} \quad (10)$$

a tím

$$f(n) = \frac{\bar{n}}{\bar{l}} \cdot \frac{\bar{n}^n \cdot e^{-\bar{n}}}{n!} \quad (11)$$

Tento vztah představuje základní formu četnosti překročení. Uvedený vztah lze aplikovat i pro případ nekonstantní délky vláken l a to tak, že použijeme $\bar{l}$. Četnost překročení je nezávislá na vlákenném rozdělení.

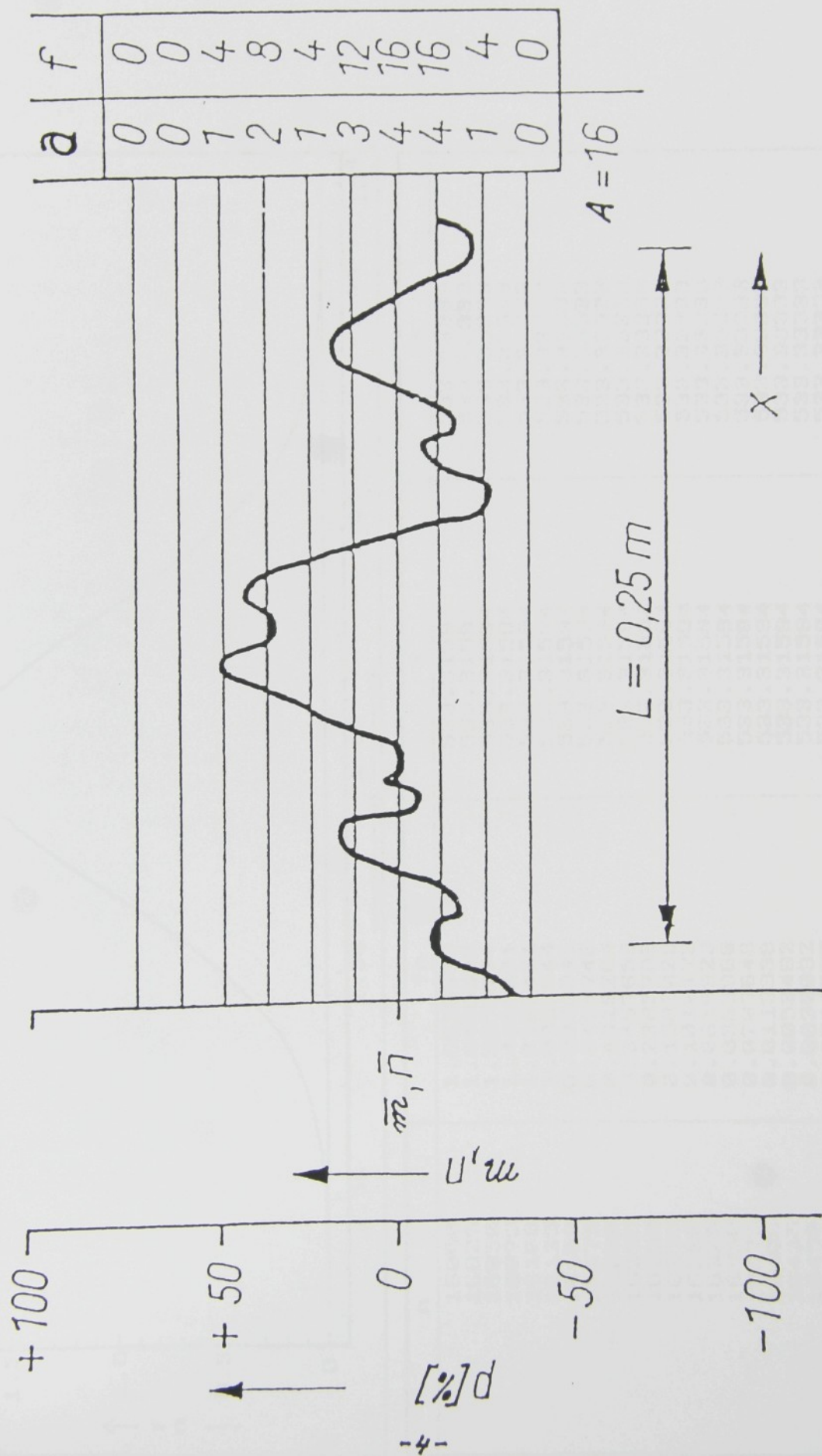
Analýza vztahu pro četnost překročení.

Četnost překročení pro ideální pramen (11) je závislá na $\bar{n}$, l. V závislosti na těchto veličinách pro dostatečné rozpětí počtu vláken n bude tato funkce numericky analyzována jako srovnávací standard pro experimentálně určené hodnoty četnosti překročení. Výše uvedený vztah (11) může být rozšířen na ideální vlákenný pramen s libovolným rozdělením délek vláken s tím, že místo jednotné délky l bude použita střední vlákenná délka $\bar{l}$.

Četnost překročení je nezávislá na rozdělení vlákenných délek [2]. Četnost překročení může být zejména použita ve vztahu s kapacitním určováním četnosti zesílených míst. Porovnáním teoretického resp. limitního (Poissonovského) průběhu četnosti překročení a reálného průběhu, tj. získaného měřením, můžeme vyhodnotit vzájemně odchylky těchto průběhů a učinit závěr o příslušných rozdílech.

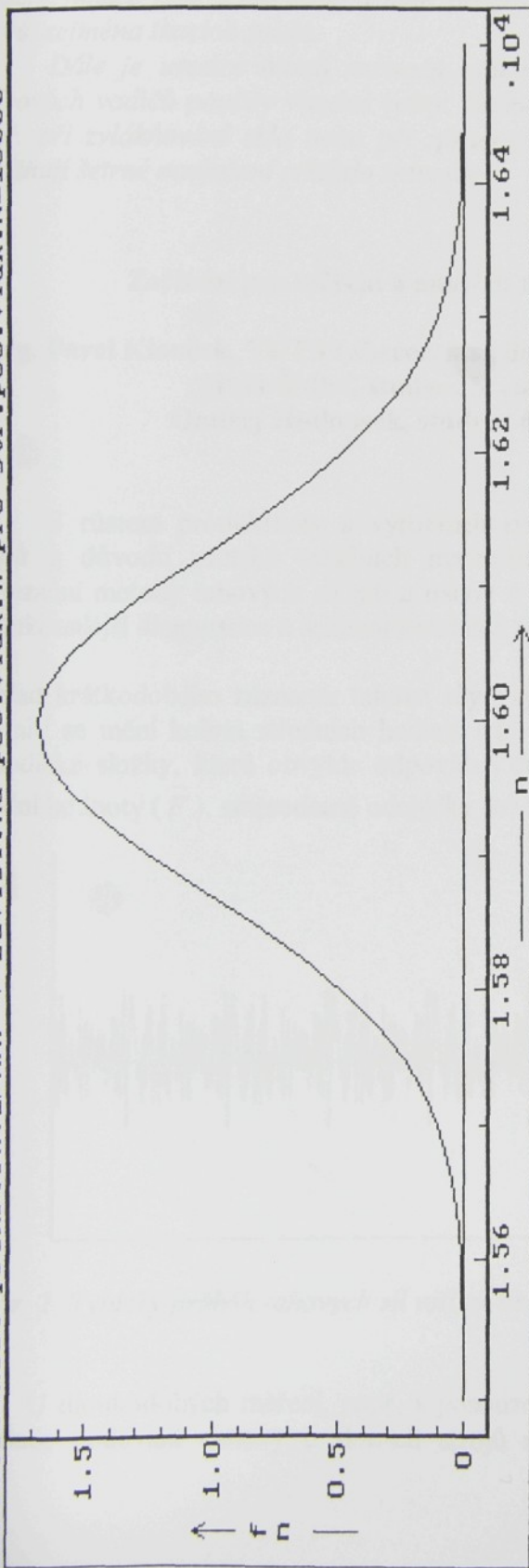
Literatura:

- [1] REUMAN, R.D.: Prüfen von Textilien, Band III. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1984.
- [2] WEGENER, W.- HOTH, G.: Die Überschreitungshäufigkeit. Melliand Textilberichte, 50, (1969), 5, 496-499.



Obr. 1: Četnost přechození-schéma určování

Obr. 2: Cetnost prekr. $f_n(1/\text{mm})$ v závisl. na poc.vlak.n pro str.poc.vlak. $N=16000$



n	f_n	S	a
16000	1.6820883	533.31594	533.33333
16025	1.6495538	533.31594	533.33333
16050	1.5556774	533.31594	533.33333
16075	1.4109381	533.31594	533.33333
16100	1.2306421	533.31594	533.33333
16125	1.0322644	533.31594	533.33333
16150	0.8326941	533.31594	533.33333
16175	0.6459746	533.31594	533.33333
16200	0.4819264	533.31594	533.33333
16225	0.3457653	533.31594	533.33333
16250	0.2385709	533.31594	533.33333
16275	0.1583029	533.31594	533.33333
16300	0.1010173	533.31594	533.33333
16325	0.0619923	533.31594	533.33333
16350	0.0365860	533.31594	533.33333
16375	0.0207648	533.31594	533.33333
16400	0.0113338	533.31594	533.33333
16425	0.0059492	533.31594	533.33333
16450	0.0030032	533.31594	533.33333
16475	0.0014579	533.31594	533.33333

Vývoj přístroje pro měření a analýzu tahových sil nití a osnov a návrh snímačů s kladkovými výklopnými vodiči

Zpráva se zabývá vývojem přenosného měřicího zařízení Wawet (Warp and Weft Tension meter) pro měření, analýzu a grafické zobrazení tahových sil nití a osnov. Zařízení vhodně rozšiřuje možnosti vyráběných dynamických snímačů tahových sil nití a osnov. Koncepce vychází z nadefinovaných funkcí, relativně jednoduché a srozumitelné obsluhy. Některé funkce jsou zcela nové a mají přispět k optimálnímu provoznímu seřízení textilních strojů, zejména tkacích strojů.

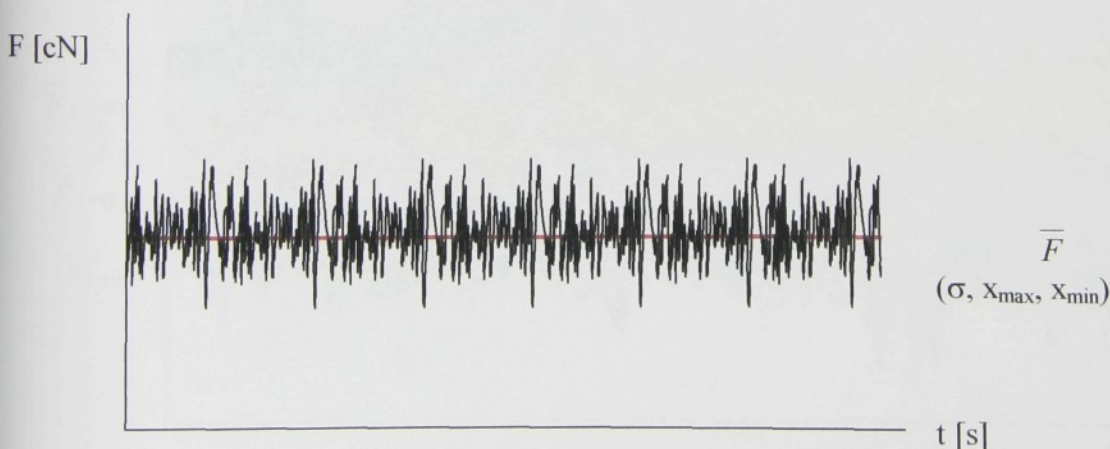
Dále je uveden návrh snímačů tahových sil nití, u kterých jsou namísto pevných safírových vodičů použity vhodné rolly. Snímače jsou určeny pro speciální případy měření, např. při zvlákňování skla nebo při zpracovávání elastických přízí. Výklopné krajní rolly umožňují šetrné navlečení přízí do snímače.

Zařízení pro měření a analýzu tahových sil nití a osnov Wawet

Ing. Pavel Klouček, VÚTS Liberec, a.s., doktorand Fakulty mechatroniky TU Liberec
Petr Šidlof, student 5. ročníku FJFI, ČVUT Praha
Ondřej Hudousek, student 6. ročníku FEL, ČVUT Praha

S růstem produktivity a výrobních rychlostí roste potřeba minimalizovat zastavení strojů z důvodu přetrhů textilních materiálů. Hledají se vhodné a pohotové měřicí a analyzační metody tahových sil nití a osnov a vyvíjí se odpovídající technické vybavení k co nejdokonalejší diagnostice a seřízení textilních strojů [2].

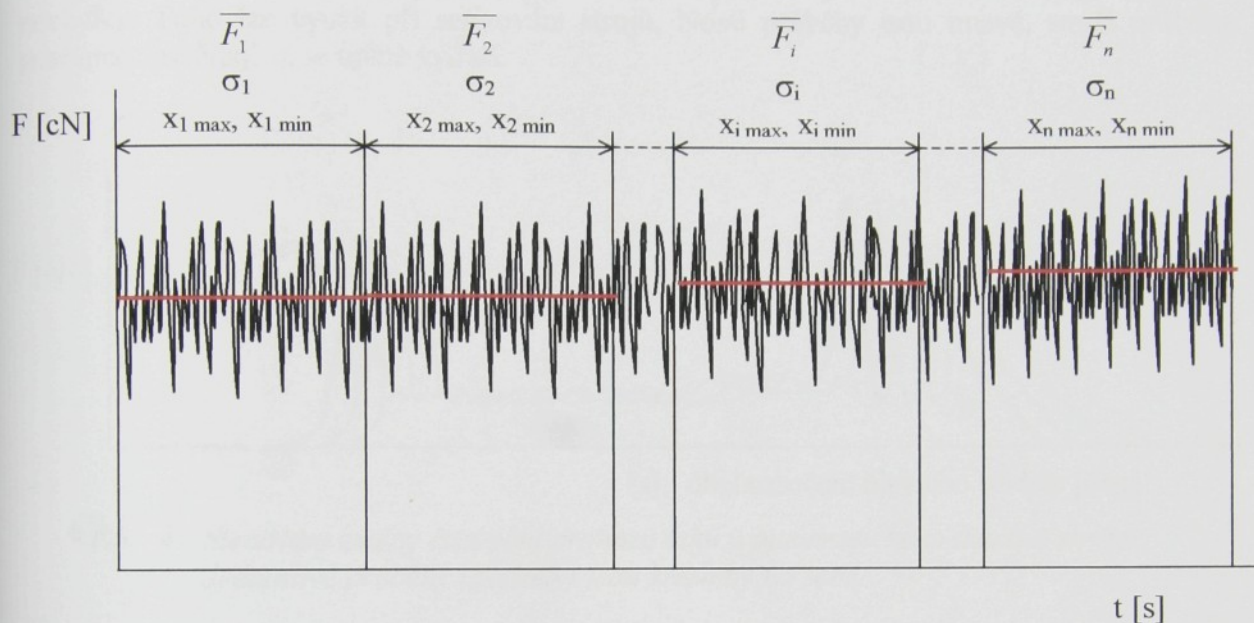
Příklad krátkodobého záznamu tahové síly s rychlými změnami je uveden na obr. 1. Tahové síly nití se mění kolem středních hodnot i o desítky procent. V záznamu se vyskytují také periodické složky, která obvykle odpovídají délce jednoho ovínku nitě na cívce. Počítají se střední hodnoty ($\bar{F}$), směrodatné odchylky (σ) a zjišťují se maximální a minimální hodnoty.



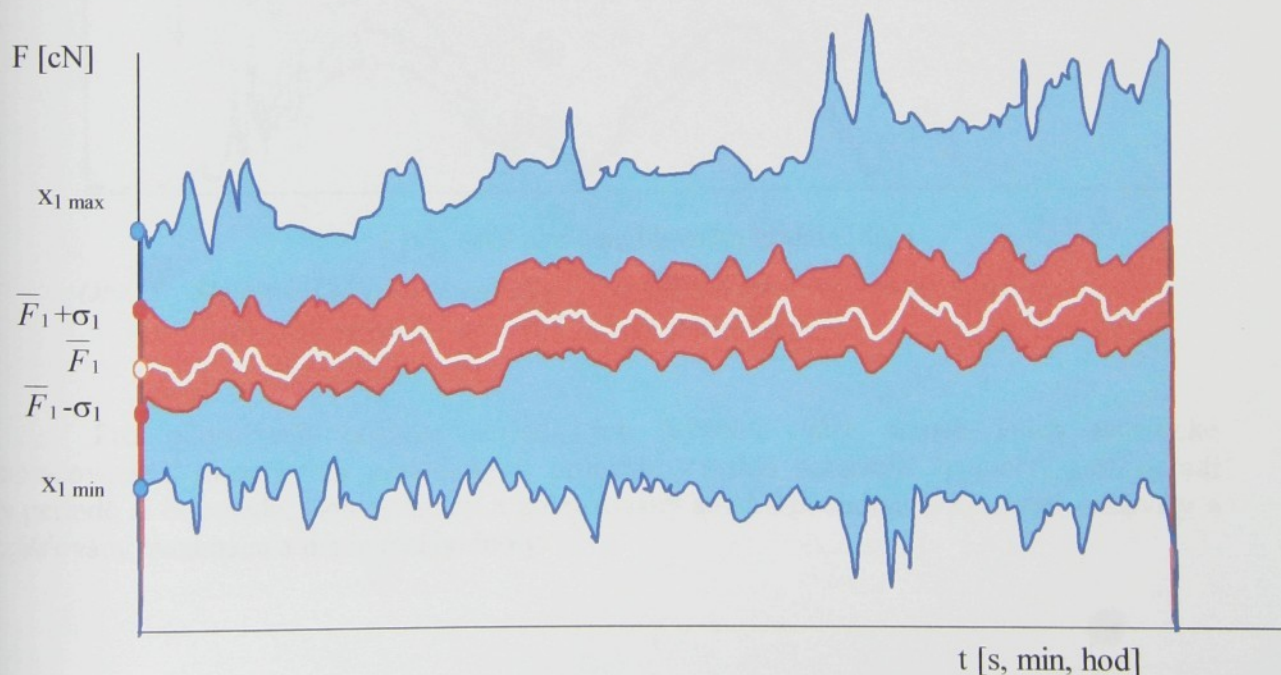
Obr. 1 Typický průběh tahových sil nití za brzdičkou cívečnice snovadla

U dlouhodobých měření, např. k posouzení stability nit'ových brzdiček, k vyhodnocení regulace podávání osnovy u tkacích strojů a jinde, je vhodné pro zredukování objemu

zaznamenávaných dat sestavit program, který z volitelně velkých časových nebo délkových úseků opakovaně počítá střední hodnoty, směrodatné odchylky a zjišťuje mezní hodnoty podle obr. 2. Většinou se vyžaduje, aby vyhodnocované měřené úseky na sebe plynule navazovaly. Řazením těchto statistických dat za sebou podle obr. 3 lze získat přehledný graf. Do oblasti ohraničené směrodatnými odchylkami spadá při Gaussově rozdělení asi 68 % naměřených dat. V našem případě se Gaussovu rozdělení můžeme pouze přiblížit.

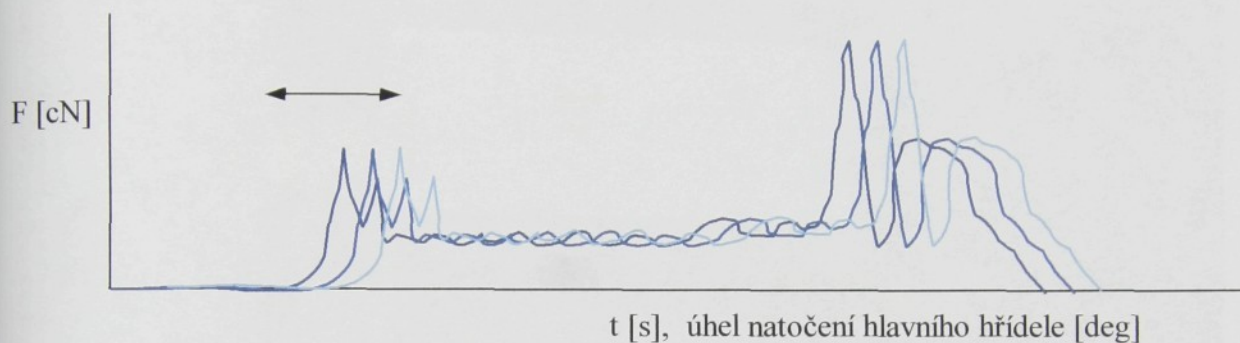


Obr. 2 Opakovaný výpočet středních hodnot $\bar{F}$, směrodatných odchylek σ , maximálních a minimálních hodnot u dlouhodobých měření

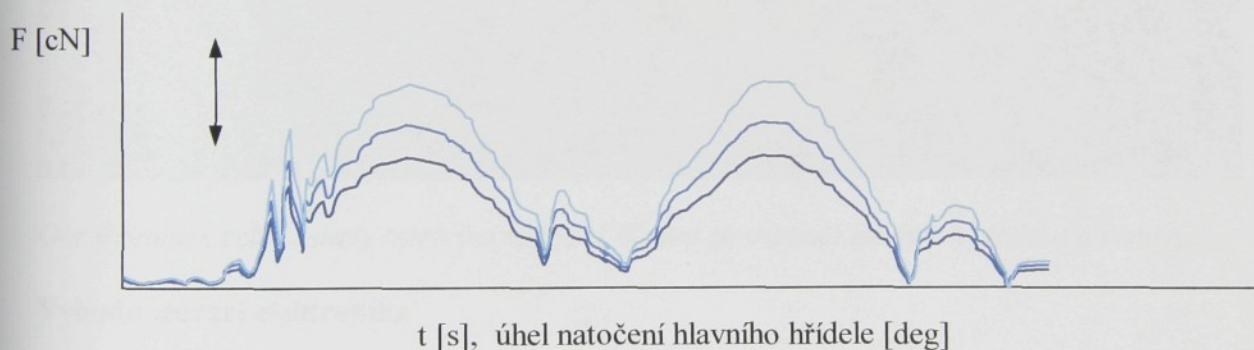


Obr. 3 Zobrazení vypočítaných statistických veličin řazených chronologicky za sebou. Kolem středních hodnot ($\bar{F}$) znázorněných bílou čarou jsou zobrazeny směrodatné odchylky (červeně) a maximální a minimální hodnoty (modře).

Vhodné řešení existuje i pro měření a vyhodnocování periodických dějů, jako je měření tahových sil útků a osnov u tkacích strojů. Jejich průběhy zaznamenáváme obvykle podle úhlu pootočení hlavního hřídele. Jednotlivé průběhy, periody, je vhodné zobrazit v jednom záznamu přes sebe podle obr. 4 a 5, kde jsou na první pohled viditelné případné odchylky. Toho lze využít při seřizování strojů. Nové průběhy jsou tmavé, starší průběhy postupně zesvětlaají až se úplně vytrátí.



Obr. 4 Sledování změny časování prohozu útku u pneumatického tkacího stroje. Jednotlivé průběhy (periody) jsou kresleny na sebe



Obr. 5 Sledování vlivu seřízení útkové brzdičky u jehlových tkacích strojů. Jednotlivé průběhy (periody) jsou kresleny na sebe

Pro podrobnější analýzu periodických průběhů může sloužit jejich statistické zpracování. Z jednotlivých periodických průběhů, z každé naměřené hodnoty, jejíž pořadí v periodě si odpovídá, jsou počítány a zobrazovány střední hodnoty, směrodatné odchylky a zjišťovány maximální a minimální hodnoty.

Měřicí zařízení WAWET

Všechny výše uváděné metody byly použity v návrhu koncepce zařízení Wawet. Kladným rysem zařízení je dědičnost elektroniky s přístrojem Papeon^{Sliver Tester} [1], zdůrazněná použitím univerzálního programovatelného hradlového pole. Měřicí zařízení Wawet využívá

předností precizních dynamických snímačů tahových sil nití a osnov, které jsou dlouhodobě vyráběny ve VÚTS Liberec, a.s. [2]

Měřicí zařízení Wawet je přenosné, jednoduše se připojuje k paralelnímu portu nejlépe přenosného počítače. Počítač slouží k výběru a konfiguraci požadované úlohy, kalibraci snímačů, ovládání měření a zobrazování, tisku a ukládání naměřených průběhů. Napájení přístroje lze zvolit buď síťovým adaptérem, nebo pomocí dobíjecích akumulátorů.



Obr.6 Snímek celé sestavy měřicího zařízení Wawet se snímači tahových sil útku a osnovy.

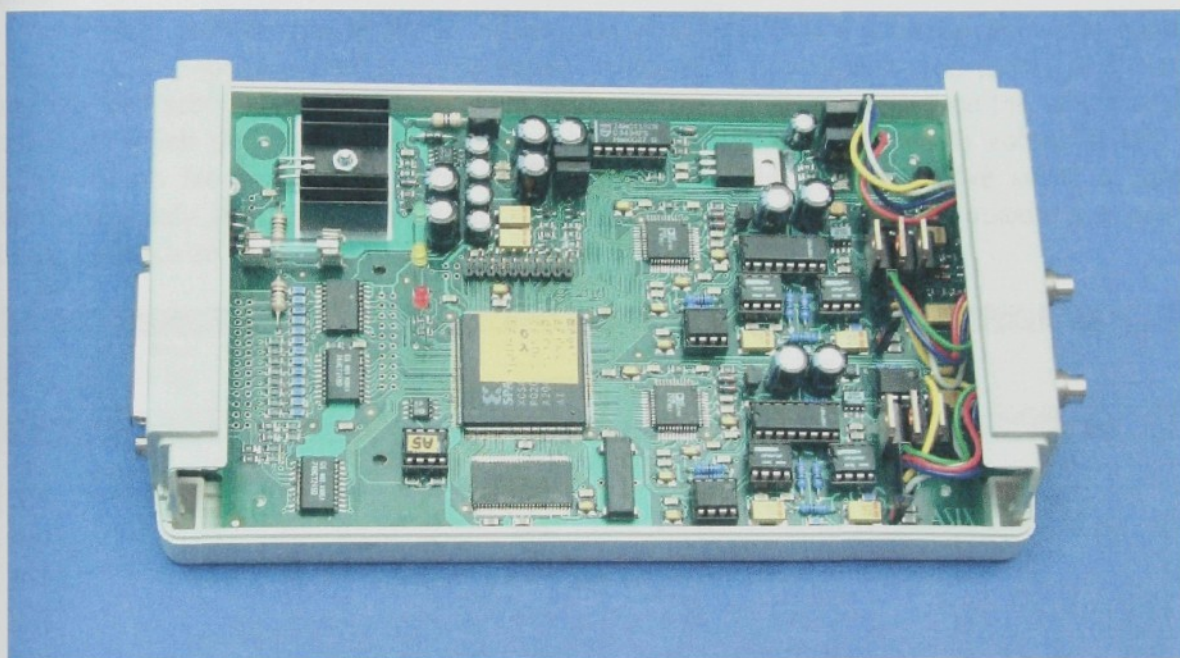
Vyhodnocovací elektronika

Elektronický modul byl vyvinut ve spolupráci s firmou ASIX Praha jako univerzální elektronika pro přístroje Wawet i Papeon^{SliverFester}. V současnosti je vyroben funkční prototyp. Základem elektronického modulu je programovatelné hradlové pole Xilinx, které zejména rychlostí zpracování dat předčí dostupné mikroprocesory a díky možnosti přeprogramování zajišťuje vysokou univerzálnost zařízení.

Modul je dvoukanálový a umožňuje měření dvěma snímači současně. Signály obou snímačů jsou zesíleny přístrojovými zesilovači s možností softwarového nastavení čtyř různých úrovní zesílení. Dále jsou převedeny na signály digitální pomocí rychlého 14-ti bitového převodníku s rozsahem 0 - 5V. Vyvážení nuly tenzometrických můstků snímačů je prováděno softwarově v PC, protože rozvážení nezatížených tenzometrických můstků definované výrobcem (max 1mV při napájení 5V) nezpůsobí výraznější omezení rozsahu převodníku a hardwarové řešení by neúměrně zvyšovalo nároky na konstrukci i cenu elektroniky. Digitalizovaná data jsou zpracovávána programovatelným hradlovým polem. V hradlovém poli probíhají všechny operace s měřenými daty, které mají vysoké nároky na rychlost zpracování (např. hardwarové průměrování pro potlačení šumů, zpracování signálu triggeru, rozdělení do bloků k přenosu do PC apod.). Nejnáročnější úlohou je výpočet

vzorkovací frekvence pro měření průběhů tahových sil v závislosti na úhlu natočení hlavní hřídele stroje. K modulu lze připojit indukční snímač polohy, který slouží jako zdroj signálu nulového pulsu u periodických strojů (tkacích stavů). U tkacích stavů je snímač nastaven proti přírazu paprsku a jeho signál tak určuje začátek a konec jedné periody stroje. Druhou možností je na tentýž konektor připojit jako zdroj nulového pulsu přímo logický signál ze stroje. Z tohoto signálu (tedy údaje o délce předchozí periody stroje) je v elektronice přepočítána velikost vzorkovací frekvence a následující perioda je dělena na 1024 vzorků (tedy po 1/3 stupně). Tímto způsobem se provádí měření s úhlovou základnou.

Další zpracování dat, které nemá tak vysoké nároky na rychlost, ale vyžaduje vysokou výpočetní kapacitu, probíhá v PC, kam jsou data zasílána přes paralelní port. Jako řídicí PC lze použít přenosný i stolní počítač vybavený paralelním portem podporujícím komunikační režim EPP, který díky vyšší přenosové rychlosti splňuje požadavky na přenos a zobrazení měřených dat v reálném čase



Obr. 7 Snímek elektronického modulu vyrobeného ve spolupráci s firmou ASIX

Měřicí a vyhodnocovací software

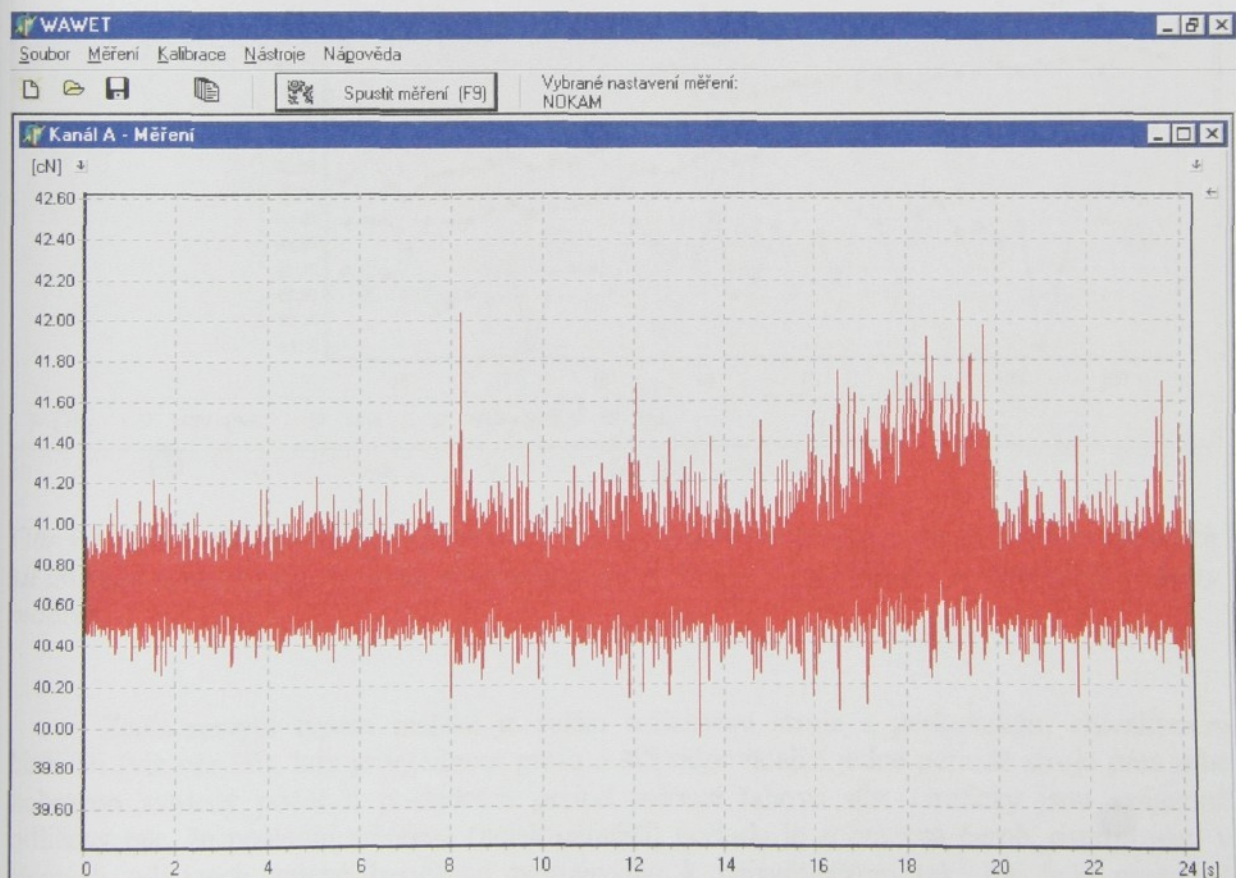
Měřicí a vyhodnocovací software je vytvořen ve vývojovém prostředí Delphi 6. Software přijímá naměřená data a zobrazuje průběh tahových sil již v průběhu měření. Zvolit lze pět základních typů měření :

- měření okamžitých průběhů tahových sil na neperiodických strojích s časovou základnou
- měření vývojových tendencí statistických údajů tahových sil u neperiodických strojů - zobrazení maxima, minima, střední hodnoty a směrodatných odchylek
- měření okamžitých průběhů tahových sil na periodických strojích s úhlovou nebo časovou základnou
- měření statistik tahových sil na periodických strojích s úhlovou nebo časovou základnou z libovolného zvoleného počtu period stroje - zobrazení křivek maxima, minima, střední hodnoty a směrodatných odchylek v grafu o šíři jedné periody stroje
- režim pro seřizování periodického stroje

Kromě volby základního typu měření lze pro konkrétní úlohu nastavit další množství voleb a parametrů, jako jsou např. vzorkovací frekvence pro časovou základnu, délka měření, zesílení kanálů, počet bodů pro průměrování vstupního signálu za účelem potlačení šumů, volba triggeru a jeho nastavení a další. Dané nastavení lze pod zadaným názvem uložit a opětovně ho vyvolat, popř. upravit.

Pomocí měřicího softwaru je také prováděna kalibrace snímačů. Pro snímače útku je díky jejich lineární charakteristice určena jedna kalibrační konstanta, pro snímače osnovy jsou pak stanoveny kalibrační konstanty dvě, každá pro jeden rozsah snímače. U vyššího rozsahu snímače je signál kladný, u nižšího záporný. Při měření pak software vyhodnotí, který rozsah snímače byl použit a automaticky přepne rozsah volbou odpovídající kalibrační konstanty. Po provedení kalibrace jsou vypočtené kalibrační konstanty nahrány do paměti elektronického modulu. Po přenesení je tedy možné přístroj připojit k jinému počítači obsahujícímu měřicí software a ten si kalibrační konstanty z elektroniky nahraje a není nutné provádět kalibraci znovu.

Průběh měřené tahové síly je zobrazován v reálném čase s automatickým přepínáním rozsahů os. V případě měření s oběma kanály současně, u libovolného typu úlohy, jsou grafy umístěny nad sebou. Dlouhé záznamy v průběhu měření rolují po obrazovce tak, aby zůstala zachována jejich přehlednost. Po ukončení měření je zaznamenaný průběh zobrazen celý a podrobněji ho lze analyzovat pomocí dynamického zoomu a kurzorů (dva svislé a jeden vodorovný), kdy lze určit jejich souřadnice, hodnotu lokálních i globálních maxim a minim i střední hodnotu ze zvoleného úseku.



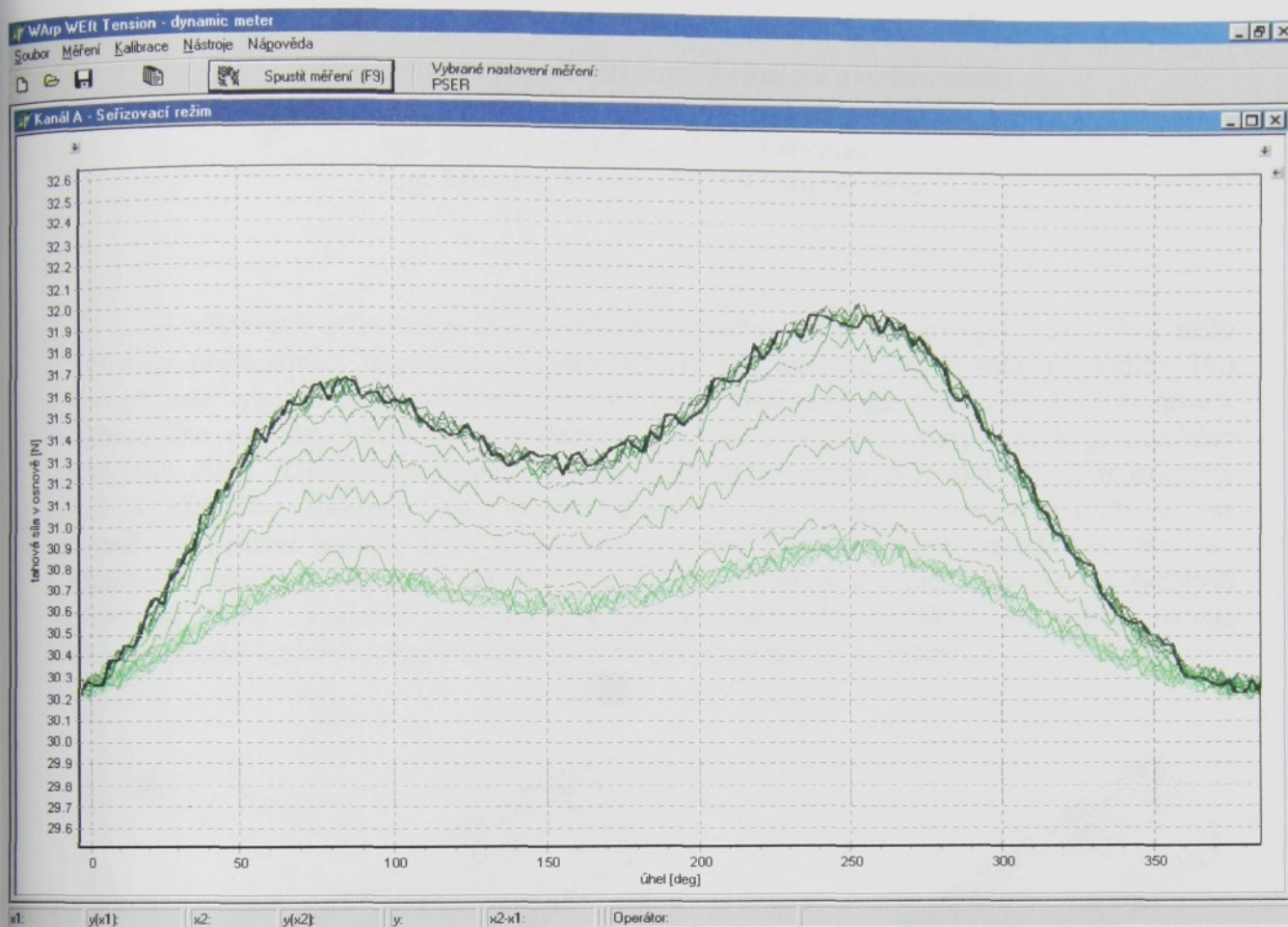
Obr. 8 Příklad vzhledu obrazovky při měření průběhu tahové síly na neperiodickém stroji

Při volbě měření vývojových tendencí statistických údajů (viz obr. 9) se z úseků volitelné délky určí jejich střední hodnota, směrodatné odchylky, minimum a maximum a tyto údaje se pak graficky zobrazí jako pětice bodů reprezentující jeden úsek (zobrazení jednotlivých statistických údajů lze volitelně zapnout/vypnout). Okamžitý průběh tahových sil v aktuálně zaznamenávaném úseku je zobrazován v malém náhledovém okně vlevo. Z grafu lze pak na první pohled určit vývojovou tendenci (např. stoupání střední hodnoty) bez nutnosti zaznamenávat velké objemy dat. Tento typ měření je určen pro dlouhodobá měření, např. stability brzdného účinku nit'ových brzdíček, posouzení vlivu zmenšování průměru cívek apod.



Obr. 9 Příklad vzhledu obrazovky při měření vývojových tendencí statistických údajů tahových sil (střední hodnota síly červená, směrodatné odchylky černé, maximální a minimální hodnoty modré)

Zcela novým typem měření je režim seřizování stroje s periodickým charakterem činnosti (viz obr. 10), kdy je v jednom grafu o šíři odpovídající jedné periodě stroje přes sebe zobrazen zvolený počet n posledních period měřené tahové síly. Graficky jsou vzájemně odlišeny tak, že poslední změřená (nejaktuálnější) perioda je zobrazena černě, ostatní jsou v různých odstínech zelené barvy od nejtmavšího k nejsvětlejšímu tak, jak byly postupně měřeny. V průběhu měření je graf neustále aktualizován, zapíše se nová perioda a starší periody blednou a postupně mizí. Seřizovač tak může rychle vizuálně kontrolovat vliv nastavovaných parametrů stroje na průběh měřené tahové síly.



Obr. 10 Příklad vzhledu obrazovky při režimu seřizování stroje

Veškeré naměřené průběhy lze ukládat, znovu vyvolávat, např. pro možnost porovnání s novým měřením a také tisknout ve formě grafů s popisem. K uloženým nebo vytisknutým průběhům lze také připojit informaci o datumu měření, zvolené konfiguraci měření a operátorovi.

Závěr

V současnosti je vyroben jeden kus funkčního prototypu. Probíhá testování přístroje, které slouží pro ověření všech funkcí softwaru a k odstranění drobných nedostatků či nestabilit tak, aby mohl být přístroj v nejbližší době podroben provozním testům.

Literatura

[1] Klouček, P., Šidlof, P., Hudousek, O. : Zařízení pro měření a analýzu kvalitativních vlastností přádelnických pramenů Papeon^{SliverTester}, In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra Textil, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS-01/003/CZ

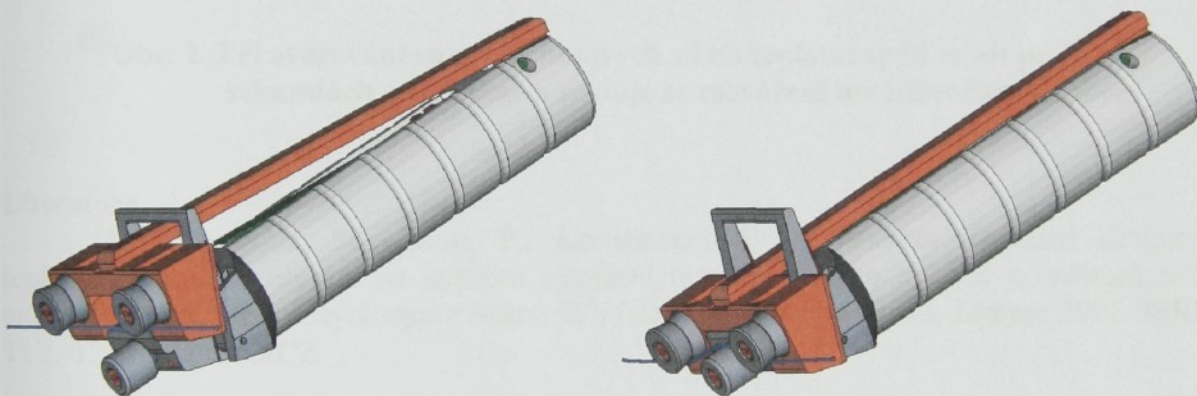
[2] Škop, Petr : Snímače tahových sil nití a podobných délkových útvarů, AUTOMA 11/2002

Snímače tahových sil nití s rotačními nit'ovými vodiči

Ing. Petr Škop, CSc., VÚTS Liberec, a.s.

Ing. Jaroslav Fábera, VÚTS Liberec, a.s.

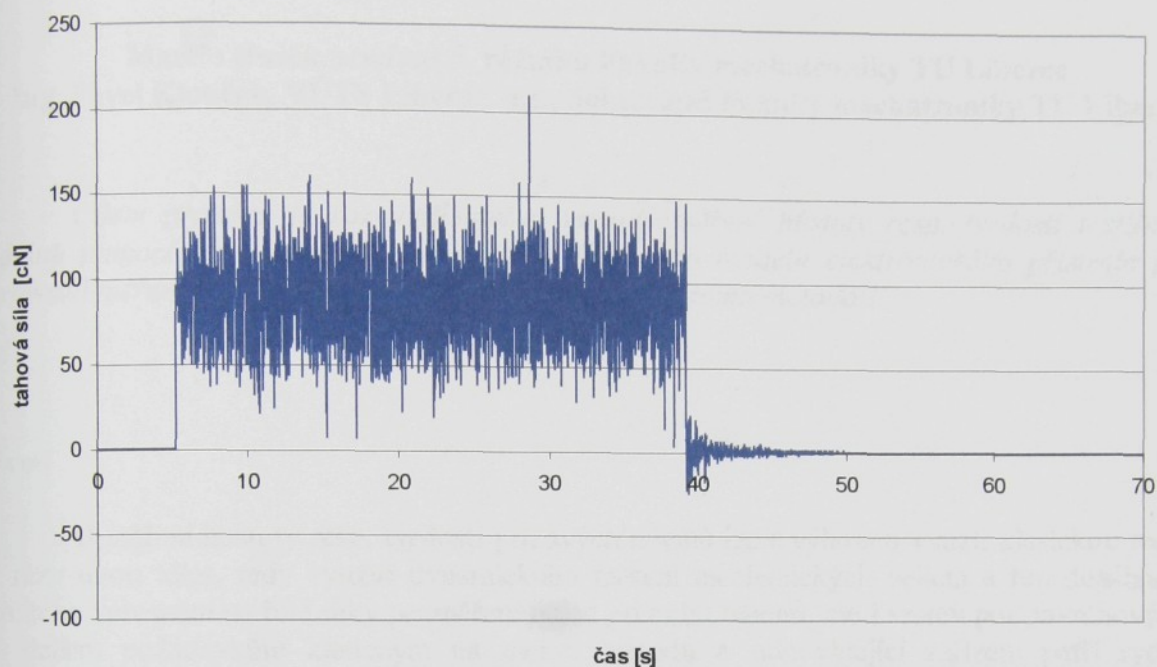
U některých přízí nelze kvůli přídavným třecím silám na nit'ových vodičích a nebo z důvodu poškozování choulostivých materiálů použít klasické pevné safírové vodiče. Pro tyto případy byly navrženy duralové rolny s ložisky. Deformačním členem je vetknutý nosník čtvercového průřezu s kuželovitě sraženými podélnými hranami. Celý nosník je odlehčen podélnou dírou. Deformace nosníku blízko vetknutí se snímá polovodičovými tenzometry A4P035AB1000 Rukov. Na konec nosníku je vlepena ocelová hřídelka se dvěma miniaturními ložisky INA a duralovou rolnou s otěruodolnou povrchovou vrstvou. Miniaturní ložiska s otáčkami do $78\,000\text{ min}^{-1}$ jsou vhodná pro málo proměnlivé rychlosti příze pod 50 ms^{-1} . Podobně jsou řešeny krajní vyklápěcí rolny s drážkou pro vedení měřené nitě. Vyklápění krajních rolen umožňuje šetrné navlečení nití do snímače.



Obr. 1 Provedení snímače s rolnami. Zvednutí krajních rolen při zavádění příze do snímače (vlevo) a jejich aretace během měření (vpravo).

U ověřovaného snímače byl použit senzor č. 106 který ve zprávě [1] vykazoval při testech s ocelovou kuličkou ohřátou na 100°C nejvyšší závislost na teplotní spád (přibližně 2,5 krát vyšší než je doporučena) a byl vyřazen. U hotových snímačů se safírovými středovými vodiči se také kontroluje vliv teplotního spádu vyvolaného ohřevem vodiče běžící nití po dobu 35 sekund. Shodně byl při tahové síle téměř 100 cN a rychlosti nitě přibližně 400 m min^{-1} sledován signál bezprostředně po přestřihnutí nitě. Nepříznivě se projevíly zákmity způsobené nevyváženou středovou rolnou a částečně i snížením vlastní frekvence nosníku hmotnější rolnou, ale vliv teplotního spádu se neprojevil. Použitím rolly se snížila vlastní frekvence senzoru přibližně 6krát na 1020 Hz. Ostatní parametry zůstávají zachovány jako u precizních dynamických snímačů se safírovými vodiči, které jsou ve VÚTS Liberec, a.s. vyráběny. Pro použití snímačů při vyšších rychlostech bude vhodné provést vyvážení rolen, aby nedocházelo ke zkreslování signálů.

V současné době se snímač zkouší u firmy Rieter Ústí nad Orlicí při měření malých tahových sil do 20 cN u elastických nití.



Obr. 2 Při ověřování snímačů tahových sil na teplotní spád se nit po 35 sekundách přestřihne a sleduje se rozvážení nezatíženého snímače

Literatura

[1] Svoboda, M., Škop, P., Kretschmerová, L.: Analýza možností eliminace teplotních vlivů působících na stabilitu vyvážení tenzometrického můstku u snímačů tahu nitě. In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra Textil, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS-01/003/CZ

Zařízení pro měření hustoty resp. tvrdosti textilních návinů

Martin Bušek, student 5. ročníku Fakulty mechatroniky TU Liberec

Ing. Pavel Klouček, VÚTS Liberec, a.s., doktorand Fakulty mechatroniky TU Liberec

Cílem projektu je rozvinutí měřicí metody měření hustoty resp. tvrdosti textilních návinů pomocí rázu dvou těles a vyvinutí funkčního modelu elektronického přístroje pro provozní měření hustoty („tvrdosti“) textilních návinů touto metodou.

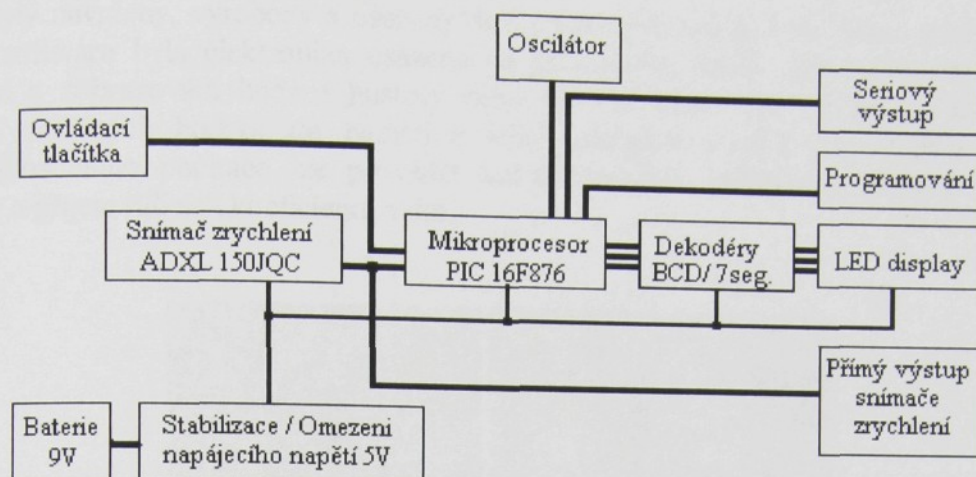
Úvod

U měření hustoty resp. tvrdosti přízových návinů lze s výhodou využít klasickou teorii o rázu dvou těles, tedy využití dynamického měření mechanických veličin a tím dosáhnout určitého zpřesnění měření díky proměření nejen povrchu návinů, ale i vrstev podpovrchových. K dalším požadavkům kladeným na měřicí metodu a odpovídající zařízení patří rychlé kompaktní měření, dostatečná přesnost a rozlišovací schopnost pro třídění přízových návinů do tříd podle hustoty resp. tvrdosti a snadná obsluha.

Vývoj prototypu rázové sondy

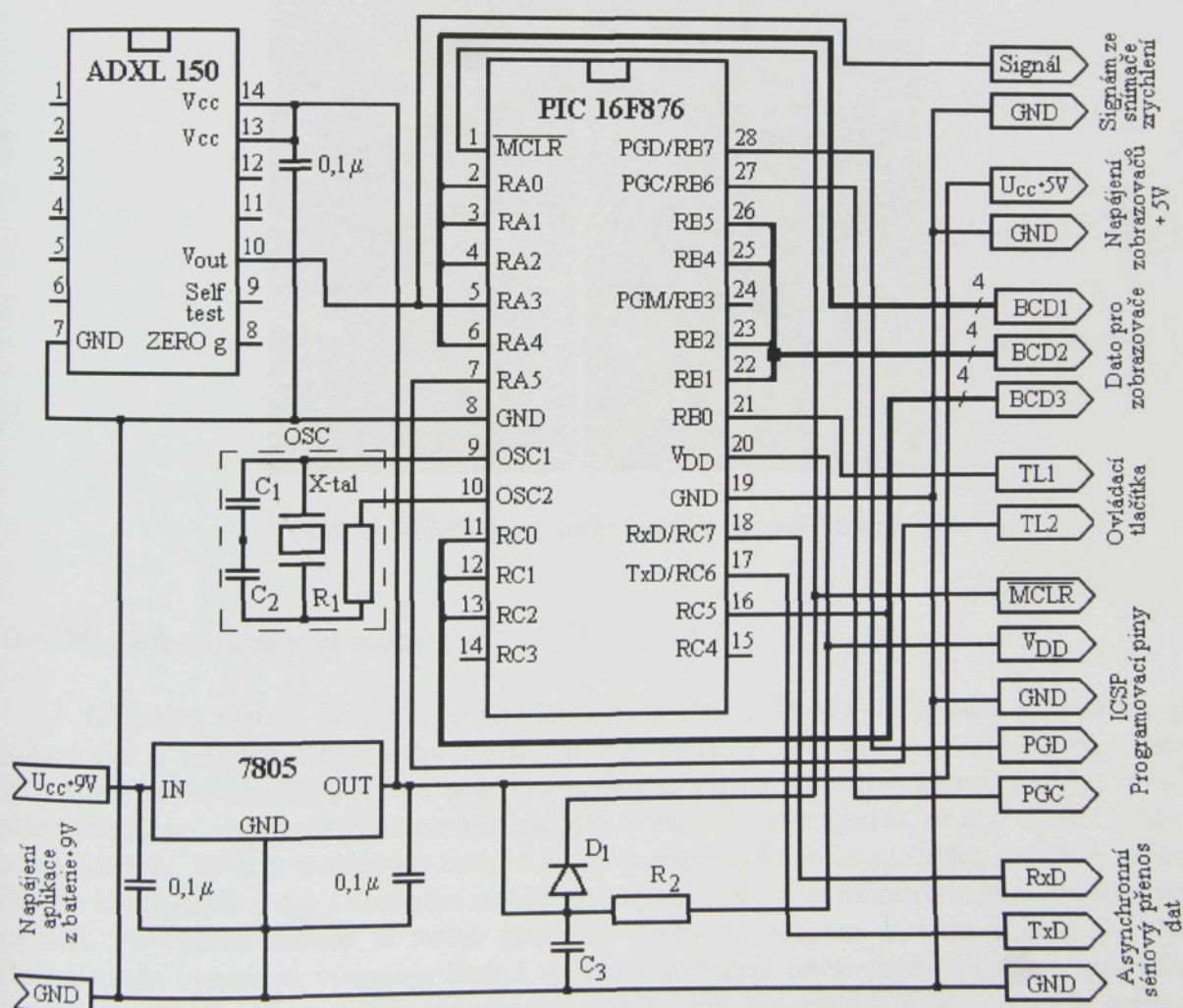
Z měření a teoretických vyhodnocení provedených v roce 2001 na cívkových návinech pomocí experimentální metody rázu dvou těles [1] byl vyvozen závěr, že tato metoda měření hustoty resp. tvrdosti textilních návinů je reálná a získané výsledky by měly být použitelné v textilní praxi.

Prototyp elektronického přístroje určeného k měření hustot resp. tvrdostí přízových návinů byl navrhován podle zadaných požadavků na malé rozměry přístroje, rychlost a kompaktnost měření, dostatečnou přesnost měřených veličin, cenu a schopnost samočinného řízení a kalibrování, nezávislého vyhodnocování a zobrazování výsledků. Z důvodů miniaturizace a celkového uspořádání vyvíjeného přístroje byla použita technologie desek plošných spojů se součástkami SMD. Pro samotnou realizaci rázové sondy byl vybrán snímač zrychlení v integrovaném obvodu firmy Analog Devices s označením ADXL 150JQC s rozsahem $\pm 50g$ a jako řídicí a vyhodnocovací zařízení 8-bitový mikroprocesor Microchip PIC 16F876 s architekturou RISC a s integrovaným 10-bitovým A/D převodníkem. Zobrazování výsledků měření je realizováno pomocí tří sedmisegmentových LED displejů s příslušnými dekodéry, výhledově je uvažováno použití LCD zobrazovače EA8081-A3N pro výrazné snížení spotřeby přístroje napájeného z baterie. Ovládání přístroje by mělo být zajištěno tlačítky, napájení vzhledem k mobilitě přístroje bude zajišťovat vlastní zdroj tvořený dobíjecím akumulátorem 9V.

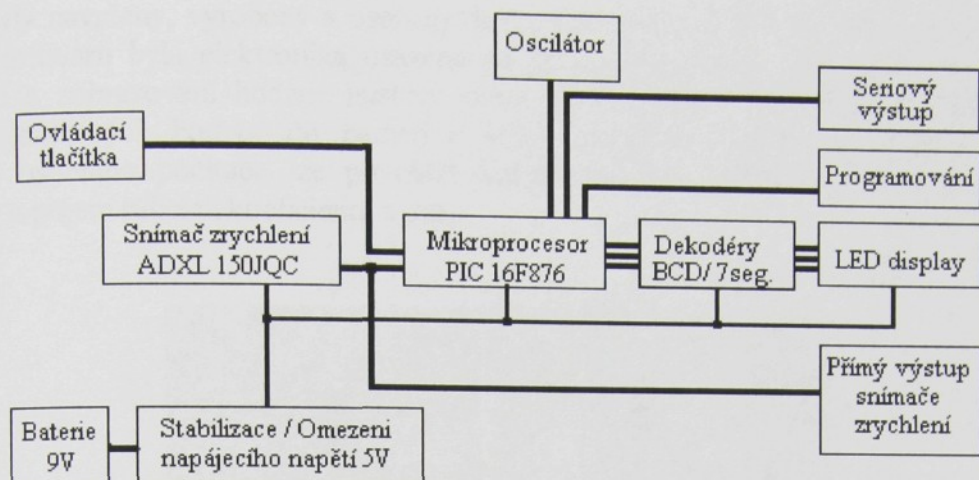


Obr. 1 Blokové schéma rázové sondy

Výroba funkčního prototypu přístroje

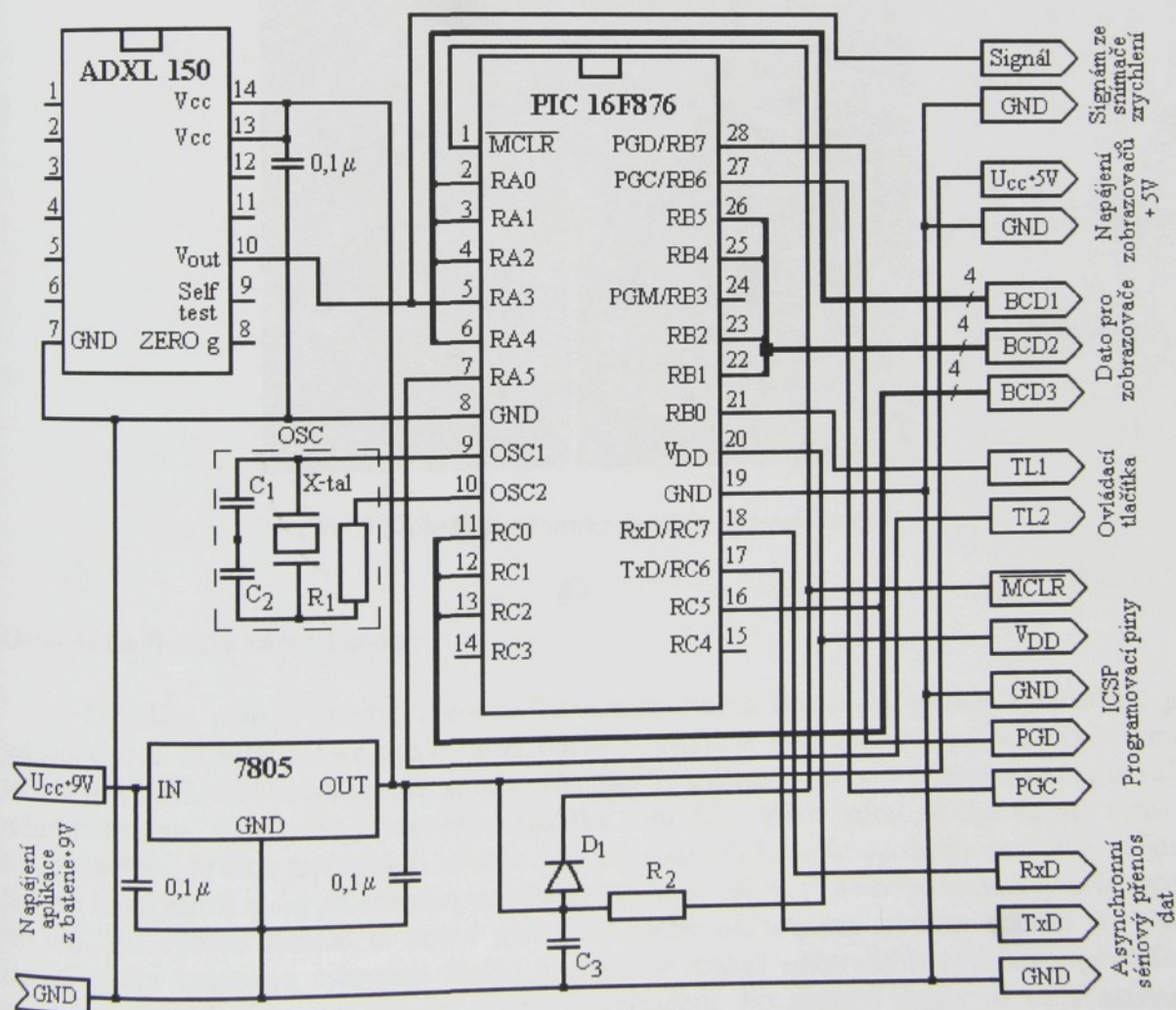


Obr. 2 Schéma zapojení hlavní řídicí a měřicí jednotky rázové sondy



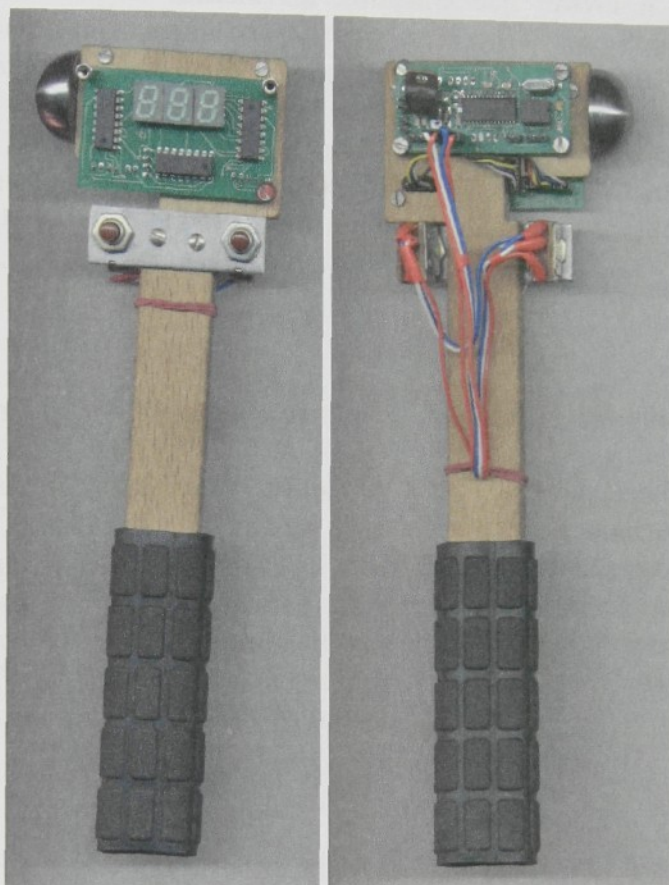
Obr.1 Blokové schéma rázové sondy

Výroba funkčního prototypu přístroje



Obr.2 Schéma zapojení hlavní řídicí a měřicí jednotky rázové sondy

Byly navrženy, vyrobeny a osazeny desky plošných spojů. Pro vlastní ověření funkce a vývoj softwaru byla elektronika osazena na jednoduchý držák. Rázová sonda umožňuje zjišťování a zobrazování hodnot hustoty nebo tvrdosti přízového návinu na zobrazovači, ukládání změřených hodnot do paměti a jejich následný přenos do osobního počítače, s pomocí osobního počítače lze provádět automatizované kalibrování přístroje pro nové materiály a příjem řídicích koeficientů a dat.



Obr.3 Snímky funkčního modelu rázové sondy

Ovládání a funkce rázové sondy

Ovládání rázové sondy, zprostředkovávané dvěma tlačítky a jedním vypínačem, je jednoduché a intuitivní. Dvě samostatná tlačítka umístěná pod zobrazovací jednotkou jsou určena pro konkrétní řízení rázové sondy. Tlačítko 1, umístěné vpravo, při svém stisku vyvolá režim přerušení, ve kterém je s pomocí tlačítka 2 možné vybrat jednu ze čtyř funkcí rázové sondy (měření, přenos změřených hodnot hustoty resp. tvrdosti do osobního počítače, příjem řídicích koeficientů a dat z osobního počítače, kalibrace přístroje na nové materiály přízových návinů). Po výběru funkce je nutné potvrzení volby opětovným stiskem tlačítka 1. Nyní rázová sonda vykonává vybranou funkci, kterou lze změnit opětovným vyvoláním přerušení stiskem tlačítka 1 nebo napětovým resetem vypínačem. Po zapnutí sondy se vždy aktivuje režim měření, který je též aktivován po korektním ukončení funkce přenosu, příjmu a kalibrace.

Funkce měření

Funkce měření je automaticky aktivována při zapnutí rázové sondy vypínačem, nebo při vyvolání přerušení tlačítkem 1, následném jednom stisku tlačítka 2 a potvrzení volby tlačítkem 1. Funkce měření je také aktivována automaticky po správném dokončení funkce přenosu, příjmu a kalibrace.

Při výběru funkce měření nejprve dochází k načtení řídicích koeficientů a dat z paměti EEPROM, podle nichž dojde k nastavení komparačních úrovní a výpočtu lineárních a parabolických regresí pro matematickou korekci změřených dat. Poté je přístroj připraven k měření. Po vyvolání rázu, při kterém naměřené zrychlení překročí komparační úroveň, dochází k odměření maximálního zrychlení a doby impulsu rázu na komparační úrovni zrychlení. Z těchto hodnot jsou dle přepočtového algoritmu mikroprocesoru vypočteny skutečné hodnoty hustoty resp. tvrdosti konkrétního přízového návinu, které jsou zobrazeny na zobrazovači a uloženy v paměti EEPROM od adresy 08h. Následuje posun adresy v paměti a čeká se na další ráz.

Funkce přenos

Funkce přenos je vyvolána přerušením od tlačítka 1, dvojitým stiskem tlačítka 2 a potvrzením tlačítkem 1.

Po výběru této funkce nejprve proběhne test, který diagnostikuje, jsou-li v paměti EEPROM obsažena naměřená data určená pro přenos do osobního počítače. V případě negativního výsledku přenesou pouze řídicí koeficienty a data, určené pro kontrolu, a automaticky přejde do režimu měření. Při pozitivním výsledku testu zajistí přenos řídicích koeficientů a naměřených hodnot hustot resp. tvrdostí v daných časových intervalech do osobního počítače. Po ukončení přenosu provede vymazání naměřených a přenesených dat z paměti EEPROM a automaticky přejde do režimu měření.

Funkce příjem

Funkce příjem je vyvolána přerušením od tlačítka 1, trojnásobným stiskem tlačítka 2 a potvrzením tlačítkem 1.

Při výběru této funkce provede mikroprocesor vymazání celé paměti EEPROM a nastaví ukazatel na nulovou adresu. Následuje čekání na nové řídicí koeficienty a data z osobního počítače. Po přijetí všech osmi koeficientů automaticky provede inicializaci sondy a přejde do režimu měření.

Funkce kalibrace

Funkce kalibrace je vyvolána přerušením od tlačítka 1, čtyřnásobným stiskem tlačítka 2 a potvrzením tlačítkem 1.

Funkce kalibrace zajišťuje možnost využití rázové sondy pro měření přízových návinů soukaných z různého materiálu a o různých hustotách resp. tvrdostech. V tomto režimu nedochází k žádnému výpočtu, naměřené hodnoty zrychlení a doby impulsu rázu na nových kalibračních návinech jsou ukládány do paměti EEPROM. Na zobrazovačích jsou zobrazovány informace o počtu úderů na jednotlivých kalibračních návinech. Při získání dostatečného množství dat jsou tyto přeneseny do osobního počítače, kde jsou nadále zpracovávány programem. Po ukončení přenosu dat dojde k vymazání obsahu paměti s těmito daty a k automatickému přechodu do režimu měření.

Pro kompletní kalibraci přístroje pro nové náviny je nutné po vygenerování řídicích koeficientů a dat v osobním počítači tyto přenést do rázové sondy funkcí příjem.

Vztahy použité pro samotnou funkci rázové sondy

Přepočet mezi zrychlením, napětím z akcelerometru a hodnotou po AD převodu

Maximální měřicí rozsah snímače zrychlení ADXL 150 je $\pm 50g$ při napájení ze zdroje napětí $+5V$. Na jeho analogovém výstupu je při nulovém zrychlení hodnota napětí $2,511V$. Krajním hodnotám zrychlení $+50g$ resp. $-50g$ pak odpovídá hodnota napětí $4,9V$ resp. $0V$. Citlivost snímače udávaná v katalogu výrobce se pohybuje od $33mV/g$ do $42mV/g$. Pro aplikaci rázové sondy není díky dostatečné úrovni výstupního signálu snímače nutné zařazovat zesilovač.

PIC16F876 je osmibitový mikroprocesor s integrovaným 5 kanálovým 10 bitovým AD převodníkem. Tento převádí vstupní analogový signál ze snímače zrychlení na signál číslicový nabývající hodnot 0 až 1024.

Snímač zrychlení ADXL 150			PIC 16F876 - 10bitový AD převodník
[g]	[ms^{-2}]	[V]	[-]
0	0	2,511	512 – nulová, klidová úroveň zrychlení
10	98,1	2,92	600 – komparační úroveň zrychlení
15,3	150	3,14	643,5 – referenční úroveň zrychlení

Přepočet z diskretní hodnoty zrychlení na analogovou:

$$a_{analog} [ms^{-2}] = \frac{\left[\left(\frac{a_{diskret} \cdot 2,511}{512} \right) - 2,511 \right]}{0,042} \cdot 9,81$$

Přepočet z analogové hodnoty zrychlení na diskretní:

$$a_{diskret} [] = \frac{\left[\left(\frac{a_{analog} \cdot 0,042}{9,81} \right) + 2,511 \right]}{2,511} \cdot 512$$

Algoritmus výpočtu hustoty resp. tvrdosti textilního návínu

Z rozboru teorie rázu dvou těles a předešlých experimentů realizovaných v roce 2001 je zřejmé, že jednotlivé body změřené na návinech vyrobených ze stejného materiálu a stejnou technologií a hlavně o stejné hustotě resp. tvrdosti leží na přímce $y_i = kx_i + q$, pak statické posunutí křivek $q = y_i - kx_i$ nepřímě odpovídá měřené hustotě resp. tvrdosti návínu. Indexy i popisují jednotlivé rázy, naměřené body, na jednom návínu, parametr y vyjadřuje naměřenou dobu impulsu rázu a x naměřené zrychlení. Vlivem vyvolání různě velkých rázových sil je nutné hodnoty naměřených zrychlení znormovat k referenční hodnotě $150ms^{-2}$ a dále pracovat pouze s hodnotou doby impulsu rázu y_{refer} . K tomuto znormování je využita téměř lineární závislost mezi dobou rázového impulsu a měřeného zrychlení. Se změnou hustoty resp. tvrdosti měřených návínů tedy dochází ke změně statického posuvu přímky a

tedy i hodnoty referenční doby impulsu rázu y_{refer} . Vztah realizující převod na referenční hodnotu času rázu při zrychlení 150 ms^{-2} (odpovídá diskretní hodnotě 640) je

$$y_{refer} = k \cdot 640 + y_i - kx_i$$

po úpravě získáme vztah $y_{refer} = y_i + k(640 - x_i)$.

Z důvodu zvýšení přesnosti výpočtu uvnitř mikroprocesoru, který neumožňuje použití operací v pohyblivé řádové čárce, je celá rovnice násobena konstantou 640, z čehož vyplývá, že po odměření jednoho rázu získáme hodnotu referenční doby rázu 640 krát větší, tedy y_{ref} .

$$y_{ref} = 640 \cdot y_{refer} = y_{skutecne} + 640 \cdot k_{skutecne}(x_{skutecne} - 640),$$

kde hodnota $x_{skutecne}$ představuje naměřené zrychlení v diskretním tvaru, $k_{skutecne}$ konkrétní směrnici, lineárních křivek určených pro referenci, vynásobenou zpřesňující konstantou 640 a $y_{skutecne}$ odpovídá naměřené hodnotě doby impulsu rázu násobené zpřesňující konstantou 640 a dělené hodnotou 640, odvozenou z nastavení a frekvence procesoru, pro převod jednotky času na [ms]. Pro další výpočet převádějící hodnotu referenční doby impulsu rázu na odpovídající hustotu resp. tvrdost bylo nutné z hlediska přesnosti výpočtu a s dovolením paměťového prostoru mikroprocesoru vytvořit pěti a desetinásobek referenční doby impulsu rázu

$$y_{refer10} = \frac{640 \cdot y_{refer}}{64}, \text{ kde } y_{refer10} \text{ odpovídá desetinásobku referenční doby impulsu rázu}$$

$$y_{refer5} = \frac{640 \cdot y_{refer}}{2^7}, \text{ kde } y_{refer5} \text{ odpovídá pětinasobku referenční doby impulsu rázu}$$

Pak výsledné vztahy, podle kterých mikroprocesor přepočítává vygenerované hodnoty referenční doby impulsu rázu na hustotu resp. tvrdost návinu jsou:

$$\begin{aligned} hustota[kgm^{-3}] &= \frac{1}{2^8} \left[\left(a_{hustota} \frac{2^8}{25} \right) y_{refer5}^2 - \left(b_{hustota} \frac{2^8}{10} \right) y_{refer10} + 2^8 \cdot c_{hustota} \right] \\ tvrdost[Shore] &= \frac{1}{2^8} \left[\left(a_{tvrdest} \frac{2^8}{25} \right) y_{refer5}^2 - \left(b_{tvrdest} \frac{2^8}{10} \right) y_{refer10} + 2^8 \cdot c_{tvrdest} \right], \end{aligned}$$

přičemž parametry $a_{hustota}$, $a_{tvrdest}$, $b_{hustota}$, $b_{tvrdest}$, $c_{hustota}$, $c_{tvrdest}$ jsou získány z kalibračního programu v PC lineární a parabolickou regresí hodnot zrychlení, doby impulsu rázu a hustot resp. tvrdostí kalibračních návinů. Z důvodu zpřesnění výpočtu jsou opět všechny členy rovnice násobeny konstantou 2^8 a dalšími konstantami vyrovnávajícími pěti a desetinásobek referenční doby impulsu rázu.

Vypočtené koeficienty z parabolické regrese je pro přenos a správnou funkci rázové sondy nutné přepočítat. Z důvodu zvýšení přesnosti výpočtu hustoty resp. tvrdosti rázovou sondou jsou koeficienty kvadratické funkce před přenosem do sondy násobeny konstantami a rozděleny na jednobytová data. Tato data jsou v hexa formátu vysílána do rázové sondy.

Transformace koeficientu a :

$\frac{2^8 a}{5^2} \rightarrow$ převod do Hexa formátu $\rightarrow$ rozdělení na byty $\rightarrow$ přenos do sondy od MSB k LSB

Transformace koeficientu b :

$\frac{2^8 b}{10} \rightarrow$ převod do Hexa formátu $\rightarrow$ rozdělení na byty $\rightarrow$ přenos do sondy od MSB k LSB

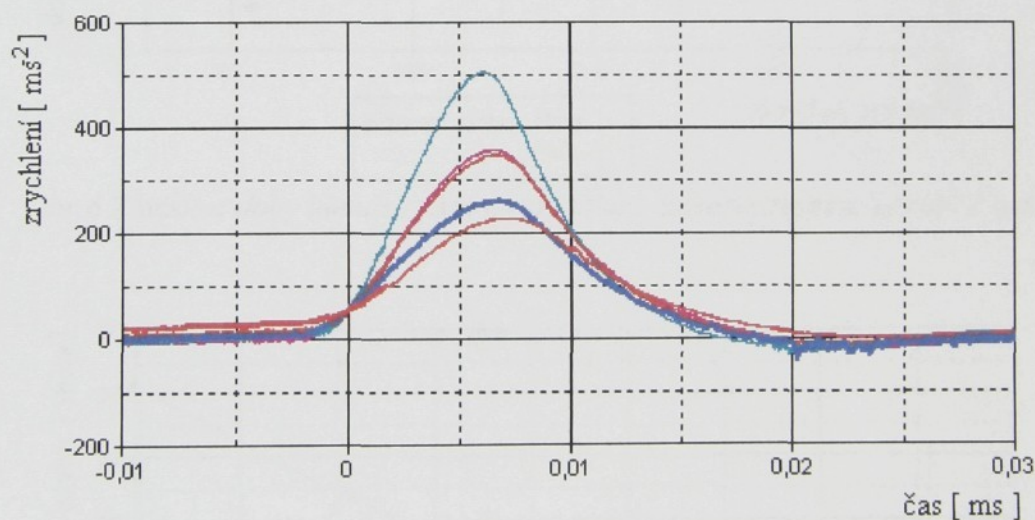
Transformace koeficientu c :

$2^8 c \rightarrow$ převod do Hexa formátu $\rightarrow$ rozdělení na byty $\rightarrow$ přenos do sondy od MSB k LSB

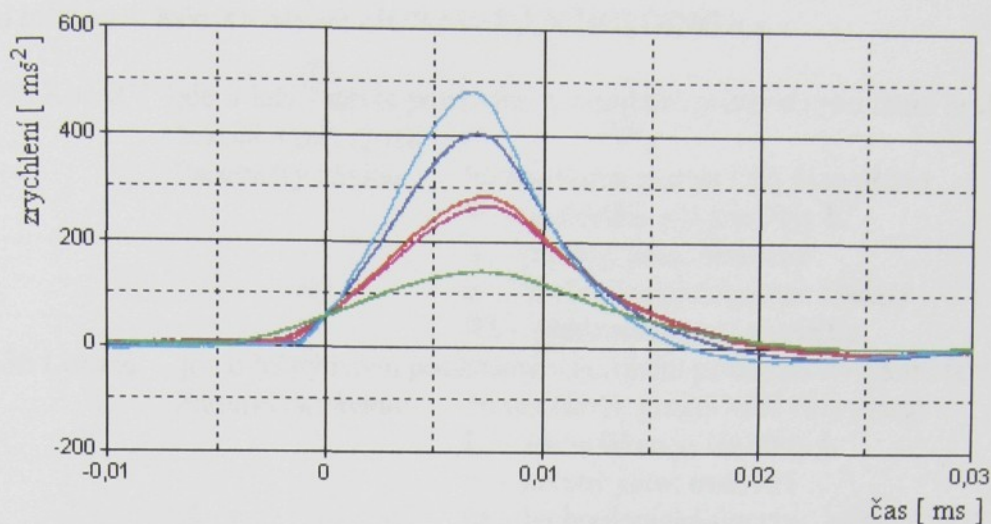
Ověření prototypu rázové sody na návinech MORAVOLEN HOLDING a.s.

Následující grafické závislosti jsou pouze stručným výběrem všech naměřených charakteristik a slouží k naznačení postupu zjišťování hustoty resp. tvrdosti přízových návínů. Výsledky získané měřením na všech dvaceti dostupných návinech jsou shrnuty v tabulkách níže. Závislosti uváděné na obrázcích v této kapitole jsou vytvořeny pouze z hodnot získaných na návinech 1 a 4 typu 96 Koč RV MORAVOLEN soukaných měkce a určených k bělení. Hodnoty hustoty resp. tvrdosti uváděných návínů získané metodami měření-vážení a mechanickým tvrdoměrem Shore jsou:

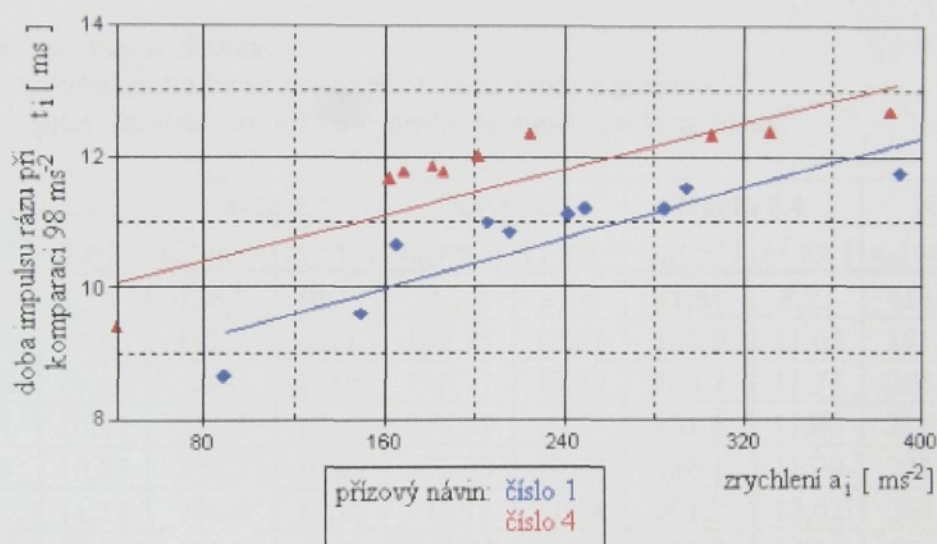
Návín číslo 1	hustota = 326,4 kgm ⁻³	tvrdost = 21,3 Shore
Návín číslo 4	hustota = 325 kgm ⁻³	tvrdost = 19 Shore



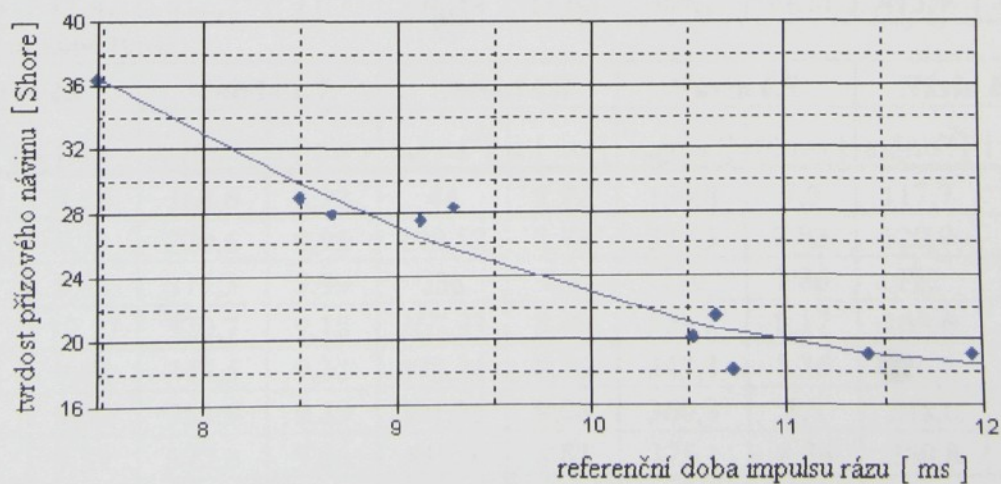
Obr. 4 Naměřené závislosti zrychlení na čase při rázu sondy na návín číslo 1



Obr. 5 Naměřené závislosti zrychlení na čase při rázu sondy na návin číslo 4



Obr. 6 Závislost doby impulsu rázu na zrychlení, lineární regrese návinů 1 a 4



Obr. 7 Závislost tvrdosti návinu na referenční době impulsu rázu, parabolická regrese pro určování hodnoty tvrdosti návinů z materiálu 96 Koč RV

Označení měřených lněných návinů MORAVOLEN HOLDING a.s. :

96 Koč RV –jde o lněný návin používaný v textilním průmyslu pro tkaní hrubých textilií a tzv. „pytlovin“.

Parametry návinu: 96 tex (kolik gramů váží 1km příze)
K – materiálem je len třídy **K**
o – určený jako: **osnovní**
č – technologická úprava: **česaný**
RV– předzpracování: **vyvářka**

36 Lom ½ – jde o lněný návin používaný v textilním průmyslu pro tkaní textilií.

Parametry návinu: 36 tex (kolik gramů váží 1km příze)
L – materiálem je len třídy **L**
o – určený jako: **osnovní**
M – technologická úprava: bělení **MAB**

Lněné náviny 96 Koč RV soukané měkce a určené k barvení :

Vysvětlení použitých zkratek:

a_m - maximální hodnota zrychlení při rázu sondy s návinem
 t - doba impulsu rázu při komparační hodnotě zrychlení 98ms⁻²

Návin č.1		Návin č.2		Návin č.3		Návin č.4		Návin č.5	
$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$
89,78	8,04	126,8	10,19	76,38	9,16	41,61	8,23	113,2	10,41
149,6	9,6	152,5	10,1	162,75	10,57	161,9	11,67	171,6	11,17
165,6	10,66	189	11,05	190,97	10,72	168,7	11,77	206,9	11,66
206,1	10,99	211,5	10,62	208,07	11,2	181,6	11,86	216,3	11,6
215,8	10,85	233,2	10,95	212,92	10,92	186,1	11,79	223,8	11,69
242	11,12	246,8	11,36	245,12	11,14	201,8	12,02	268,5	11,73
249,4	11,2	249,7	11,23	248,55	11,32	225,2	12,35	272,8	11,6
284,7	11,21	274,8	11,26	255,67	11,63	306,1	12,34	283,6	11,68
294,7	11,52	312,1	11,25	278,19	11,37	330,1	12,11	361,1	11,69
411,6	11,47	412,2	11,7	298,14	11,65	389,1	12,11	413,9	12,22

soukané tvrdě:

Návin č.6		Návin č.7		Návin č.8		Návin č.9		Návin č.10	
$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$	$a_m[ms^{-2}]$	$t [ms]$
166,7	8,89	163,6	8,23	44	8,92	164,8	7,5	117,7	8,66
225,2	9,14	220,6	8,95	199,52	8,43	220,3	7,83	120,9	8,55
236	8,85	311,3	8,99	238	8,6	250	7,86	122	8,64
236	10,57	320,7	9,18	265,93	8,48	329,2	8,17	163,6	9,69
400,8	9,68	343,5	9,32	378,24	8,76	342,3	8,36	226,6	9,89
425	9,92	354,9	9,29	391,35	9,06	360,8	8,3	248,6	9,27
433,3	9,59	370,8	9,26	411,3	8,83	375,1	8,34	250,8	9,77
437	9,56	384,5	9,21	422,7	9,01	380,8	8,3	276,4	9,83
452,1	9,75	392,5	9,27	455,48	9,09	412,4	8,19	307,3	10
460,9	9,52	449,8	9,18	-	-	459,2	8,46	328,4	10,07

Lněné náviny 36 LoM ½ soukané měkce a určené k barvení :

Návin č.11		Návin č.12		Návin č.13		Návin č.14		Návin č.15	
$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]
151,6	11,81	102,6	10,85	104,89	11,38	106,9	11,8	136,8	12,89
189,8	11,6	122,9	11,29	166,74	13,13	180	12,11	150,8	13,53
199,5	11,75	143,9	11,34	169,59	12,72	184,1	12,32	181,9	12,45
211,8	11,67	180,1	11,95	175,29	13,02	207,2	12,05	257,1	13,96
226,9	12,72	185,3	12,56	227,74	12,82	240,6	12,65	265,7	13,13
241,7	11,92	208,4	12,12	238,85	13,1	312,1	13,2	271,4	13,4
277,9	13,13	294,2	13,14	263,08	11,72	315	12,95	305,6	13,26
304,7	12,1	304,1	12,49	341,47	13,25	325,5	12,95	383,7	13,29
325,7	12,57	305,3	12,1	343,75	13,5	450,2	12,61	403,1	13,58
390,8	12,3	435,5	12,96	344,6	13,5	463,8	12,97	414,4	13,35

soukané tvrdě :

Návin č.16		Návin č.17		Návin č.18		Návin č.19		Návin č.20	
$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]	$a_m[ms^{-2}]$	t [ms]
104	8,77	164,8	9,43	142,8	8,34	118,6	8,3	162,8	9,14
131,4	8,66	170,2	9,01	164,5	8,13	175,3	10,03	202,9	9,83
220,6	9,91	235,7	8,93	181,8	8,72	196,1	10,13	261,4	10,57
225,2	10,02	236	9,19	254,5	9,15	287	10,52	286,7	10,7
235,1	10,18	248	8,96	265,6	9,12	348,9	10,62	295,3	9,57
318,4	10,54	283,3	9,55	286,45	9,7	368,5	10,8	318,1	10,64
334,1	10,4	351,7	9,46	385,4	9,91	381,4	10,91	415,9	10,6
379	10,58	367,4	9,53	390,21	9,5	403	11	416,7	11,12
394,5	10,59	393,9	10,16	451,49	10,02	437,2	10,9	446,4	10,69
408,7	10,5	435	9,85	454,6	9,65	445,5	10,84	456,6	11,05

Výsledné porovnání a aproximační funkce :

Návin	Hustota	Tvrdost	Referenční čas
	[kgm ⁻³]	[Shore]	[ms]
1	326,4	18,13	10,56
2	343,6	21,47	10,48
3	333,4	20,17	10,37
4	325,08	19	11,85
5	336,53	19,12	11,18
6	390,03	28,25	9,26
7	400,86	28,95	8,55
8	409,46	27,93	8,7
9	413,35	36,4	7,62
10	380,64	27,55	9,11

Návin	Hustota	Tvrdost	Referenční čas
	[kgm ⁻³]	[Shore]	[ms]
11	268,84	15,54	11,79
12	265,32	16,07	11,58
13	253,57	14,37	12,46
14	267,99	15,54	12,26
15	254,64	14,57	13,09
16	338,82	27,15	9,14
17	330,05	26,15	9
18	339,86	27,65	8,44
19	333,58	24,4	9,55
20	327,61	25,4	9,57

Ze změřených dat maximálního zrychlení a času trvání rázového impulsu při definované komparační úrovni 98ms^{-2} byly provedeny lineární aproximace pro obě modifikace materiálu kalibračních textilních návinů MORAVOLEN a zjištěna minimální, maximální a průměrná hodnota sklonu křivek, směrnice.

Materiál	Směrnice		
	min	max	průměr
96 Koč RV	0,0031	0,0092	0,0043
36 Lom 1/2	0,0015	0,0063	0,0058

S pomocí těchto aproximačních křivek byly sjednoceny všechny naměřené hodnoty času a zrychlení jednotlivých kalibračních návinů k referenční hodnotě zrychlení 150ms^{-2} a odečten referenční čas doby trvání rázového impulsu k němuž byly následně přiřazeny hodnoty hustoty a tvrdosti těchto návinů zjištěné jinými metodami. Dále byla provedena parabolická regrese hodnot referenčního času a hustoty resp. tvrdosti a zjištěna převodní funkce zadávaná spolu s odpovídající směrnici lineární regrese do měřicího přístroje při kalibraci.

Materiál	Parabolická převodní funkce	
	Hustota	Tvrdost
96 Koč RV	$1,5969 x^2 - 56,9344 x + 767,1901$	$0,8893 x^2 - 21,6257 x + 149,6798$
36 Lom 1/2	$0,5982 x^2 - 34,8155 x + 600,2266$	$0,3281 x^2 - 10,4128 x + 93,6402$

Této hodnoty směrnice a parabolické funkce je následně využíváno pro správnou funkci přístroje, tedy přepočtu změřených hodnot zrychlení a času trvání rázu na skutečnou hodnotu hustoty resp. tvrdosti textilního návinu.

Zhodnocení výsledků

Po provedení kalibrace na konkrétní typ materiálu přístroj zobrazuje při každém měření tvrdost cívky s přesností lepší než ± 2 Shore. Tvrdost cívek byla určena jako střední hodnota z několika desítek měření pomocí mechanického tvrdoměru. Při měření mechanickým tvrdoměrem byly při jednotlivých měřeních odečítány hodnoty s přesností ± 6 Shore.

Závěr

Navržená metoda měření hustoty, resp. tvrdosti textilních návinů byla zrealizována funkčním modelem. Ve zjednodušeném rázovém kladívku byla zabudována funkční elektronika s mikropočítačem, snímačem zrychlení a zobrazovací jednotkou. Dále byla vypracována metoda cejchování měřiče a přenos naměřených hodnot tvrdosti do PC. Provedené zkoušky a jejich výsledky odpovídají potřebám měření v textilních provozech.

Literatura

[1] Bušek, M., Klouček, P. : Zařízení pro měření hustoty ("tvrdosti") textilních návinů, In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra Textil, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS-01/003/CZ

Snímač pro měření úhlové rychlosti a úhlu na průběžných hřídelích pomocí přístroje DMU 3

Ing. Pavel Šidlof, CSc.

Ing. Vlastimil Ondrouch

Ing. Petr Škop, CSc.

Ing. Pavel Klouček

všichni VÚTS Liberec, a.s.

Popisuje se metoda měření a konstrukční řešení přípravku umožňujícího montáž na průběžný hřídel. Na přípravku je uchycena výměnná měřicí páska, která spolu s optickým inkrementálním snímačem Renishaw umožňuje měření úhlové rychlosti a úhlu pomocí přístroje DMU 3. Přípravek je v současné době až na několik malých dílů vyroben a připravují se zkoušky.

Na základě předchozích prací [1] byl pro měření na průběžných hřídelích zvolen princip založený na použití měřicích pásek a snímačů anglické firmy Renishaw. Inkrementální snímače této firmy opticky vyhodnocují pohyb proti rastru vytvořenému na ocelové ohebné měřicí pásce (šířka 6 mm, tloušťka 0,2 mm) s vlnovou délkou impulsů 20 nebo 40 μm . Signál se převádí na elektrické napětí obdélníkového nebo sinusového průběhu. Je možno měřit i při uchycení měřicí pásky na válcové ploše s relativně malým průměrem. Tím se délkové měření převede na úhlové. Výstupní napětí snímače se v přístroji DMU 3 analogově a digitálně zpracovává a úhlová rychlost se určuje na principu měření časových intervalů mezi impulsy snímače. Úhel se měří načítáním impulsů. Snímače osvětlují a vyhodnocují určitý úsek pásky (větší počet vln) a jsou proto velmi přesné a málo citlivé na místní znečištění pásky. Tento princip však přináší problémy při napojování konců pásky nutném při navinutí na válcovou plochu. Pokud nejsou konce pásky vzájemně srovnány tak, aby impulsy na obou stranách byly ve fázi, dojde k výpadku signálu na poměrně dlouhou dobu, která znemožňuje měření při vyšších otáčkách. Vzhledem k malé vlnové délce impulsů na pásce musí být napojení velmi přesné, i když mezera mezi konci pásky může mít velikost až desítek vlnových délek impulsů.

Tyto velmi stručně uvedené principy vedou spolu s funkčními požadavky k následujícím hlavním zásadám pro konstrukci přípravku pro uchycení měřicí pásky:

- možnost přesného nastavení mezery mezi konci pásky
- nastavená mezera se nesmí měnit s teplotou
- možnost uchycení přípravku na průběžný hřídel bez demontáže hřídele
- možnost montáže na hřídele různých průměrů (od cca 20 do 50 mm)
- možnost úhlového a axiálního ustavení přípravku
- možnost natáčení přípravku bez pohybu hřídele (pro seřízení polohy snímače a mezery pásky)
- deformace přípravku (při upínání a od provozní deformace hřídele) se smějí jen minimálně přenášet do měřicí pásky
- možnost montáže i ve stísněných prostorech

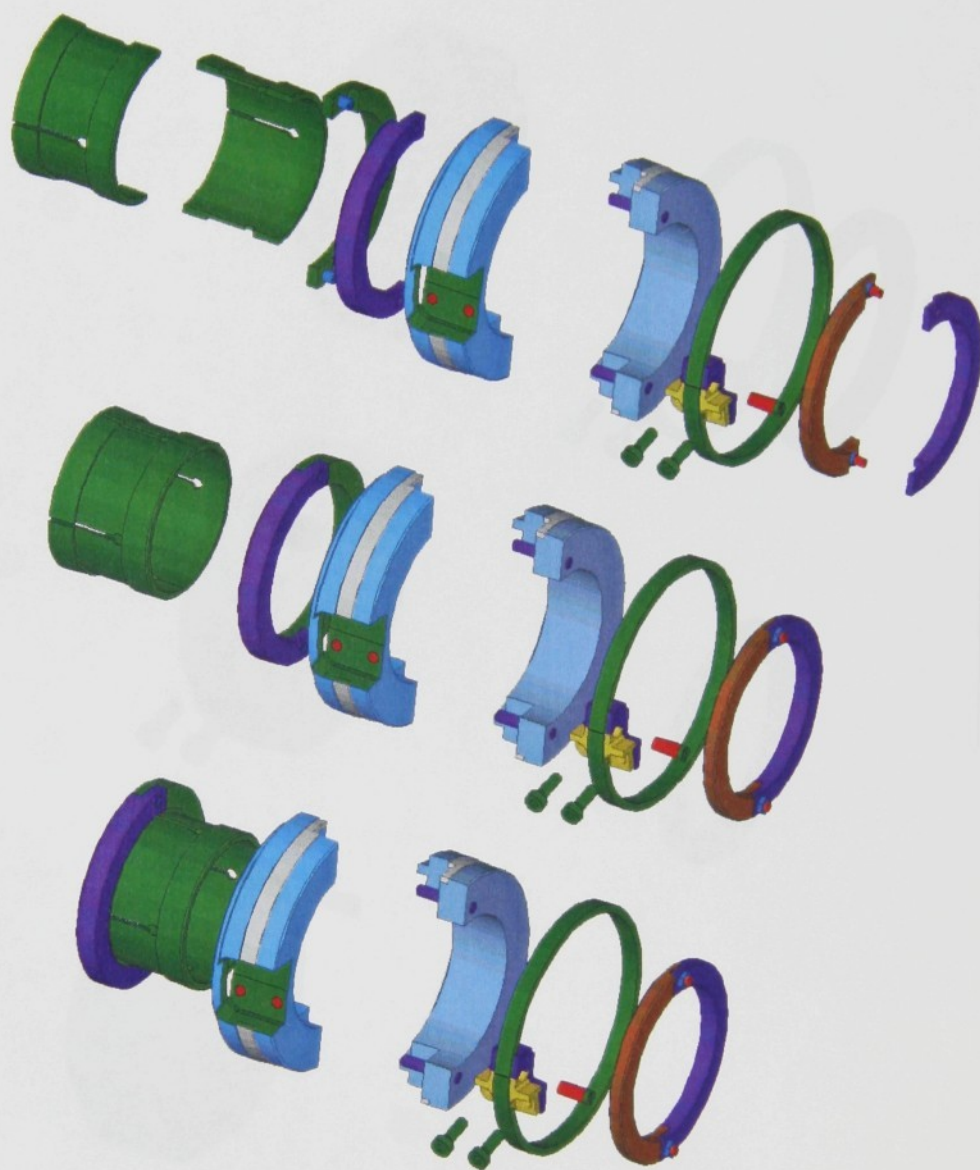
- možnost opakovaného použití měřicí pásky a její nenáročná výměna
- co nejbezpečnější zacházení s měřicí páskou, která je drahá
- dobrá centráž přípravku na hřídeli
- minimální rozměry přípravku jak v radiálním tak v axiálním směru
- dobrá funkce i při velkých úhlových zrychleních

Tyto požadavky vedly ke konstrukčnímu návrhu patrnému z obr. 1 a 2. Hlavní rotační díly jsou děleny na dvě části, které se skládají k sobě kolem průběžného hřídele pomocí zámků s kolíky. Základní pouzdro (modře) má na povrchu broušenou pryžovou vrstvu (světle šedá), na kterou se při montáži umístí ocelová planžeta s nalepenou měřicí páskou (zelená) a s upínacími přípravky na koncích (žlutá, fialová). Konce měřicí pásky jsou na upínacích přípravech zabroušeny. Při montáži se planžeta rozevře kolem hřídele, usadí se na pryžový povrch základního pouzdra a její upínací přípravky zapadnou do vybrání v základním pouzdře (zeleně), ke kterému se připevní pomocí dvou šroubů (zeleně). Konce pásky se od sebe mohou v malém rozsahu odtlačovat kuželovým šroubem (červeno-zelený) umístěným mezi upínacími přípravky. Citlivost nastavení je 15 μm na jednu otáčku šroubu. Upevnění přípravku na průběžný hřídel zajišťuje upínací skládané pouzdro s kuzelem na jednom konci a závitem na druhém (zeleně), které se buď vyrobí pro daný průměr průběžného hřídele, nebo se do jeho dutiny vloží pomocné skládané válcové pouzdro. Upínací pouzdro se stahuje kroužkem s odpovídající vnitřní kuželovou plochou (fialová-zelená). Na vodící plochu tohoto kroužku je lícováno osazení základního pouzdra. Při montáži se uvedené díly složí na průběžném hřídeli dohromady a na upínací pouzdro se našroubuje stahovací matice (hnědá-fialová). Po nastavení polohy přípravku se matice utáhne a upínací pouzdro se stáhne kolem průběžného hřídele. Poté se matice poněkud povolí, což umožní volné natáčení základního pouzdra s měřicí páskou. Ustaví se vlastní fotoelektrický snímač (uchycený obvykle na kloubovém držáku) a pomocí kuželového šroubu se nastaví mezera mezi konci pásky. Po seřízení se otáčením základního pouzdra vyzkouší funkce snímače a stahovací matice se dotáhne. Proti uvolnění je matice zajištěna pružinovou západkou (nekresleno).

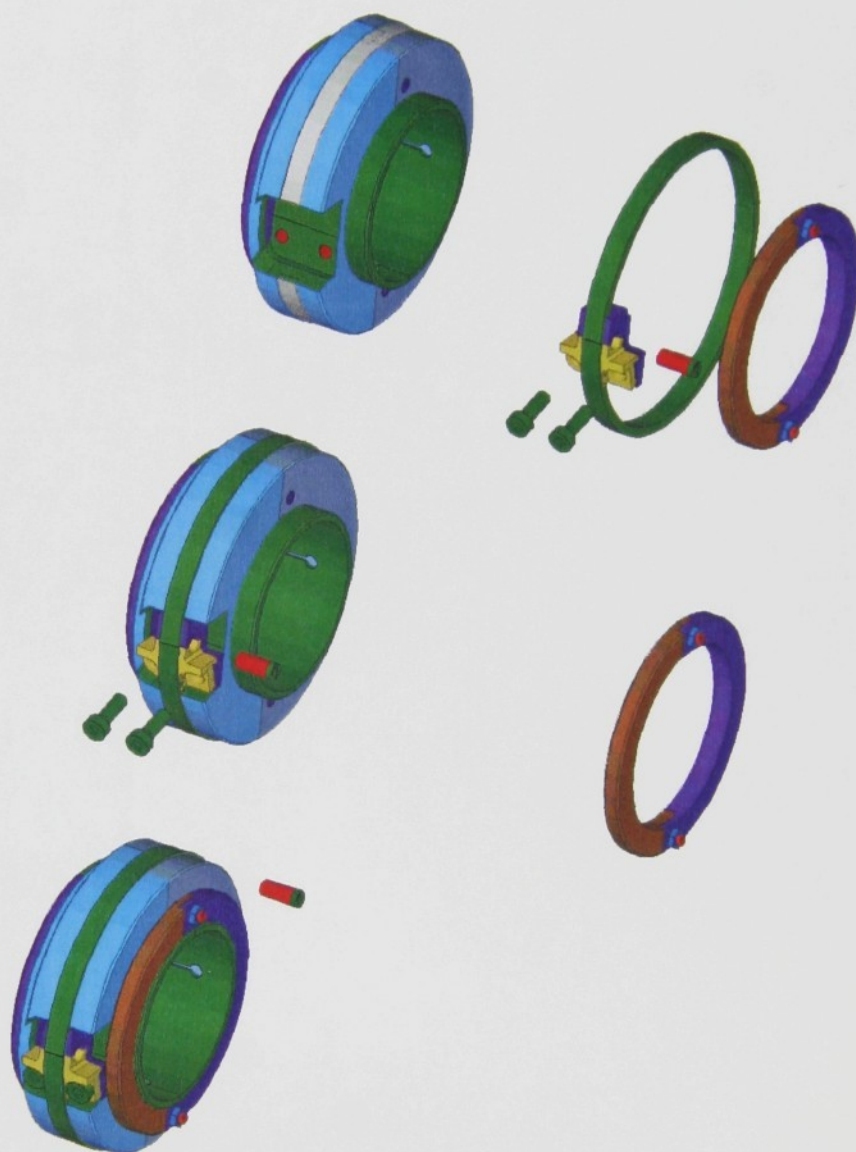
Přípravek byl konstrukčně zpracován (zmenšený výkres sestavení je přiložen) a zadán do výroby. Výroba byla poměrně náročná a trvala déle, než jsme předpokládali. V současné době je přípravek až na několik malých dílů vyroben a připravuje se ověření funkce.

Literatura

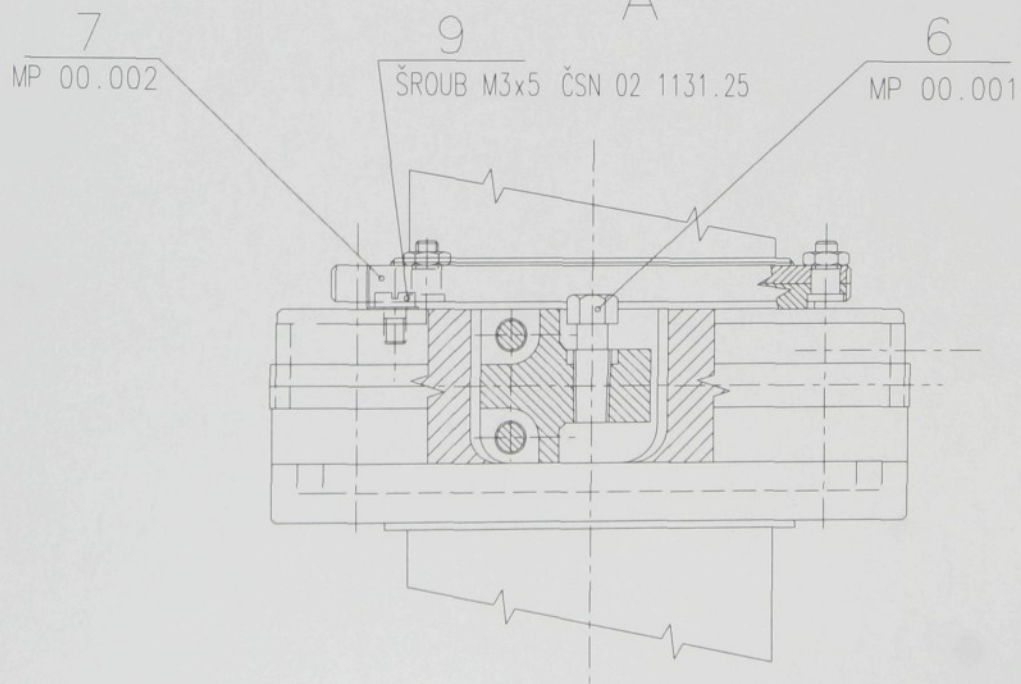
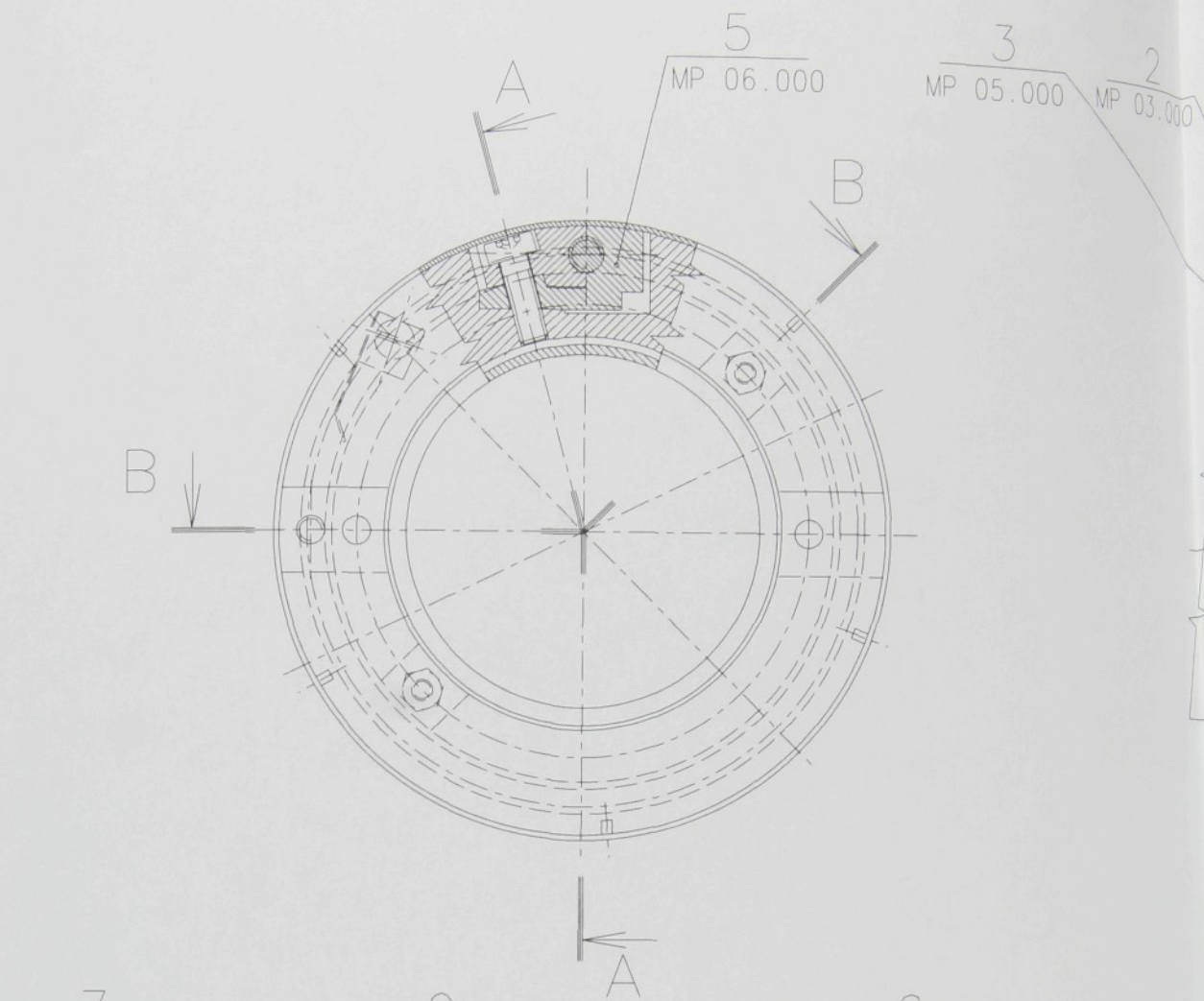
- [1] Šidlof, P., Klouček, P.: Měření úhlové rychlosti a úhlu na průběžných hřídelích pomocí přístroje DMU 3. In: Sborník technických zpráv Sekce C Výzkumného centra TEXTIL, Liberec 2001. ISRN TUL-TZ/MS-01/003/CZ.
- [2] Non-contact encoder systems. Firemní literatura firmy Renishaw z r.2001. (Další informace: www.renishaw.com)



Obr. 1 Přípravek pro měření úhlové rychlosti a úhlu na průběžných hřídelích

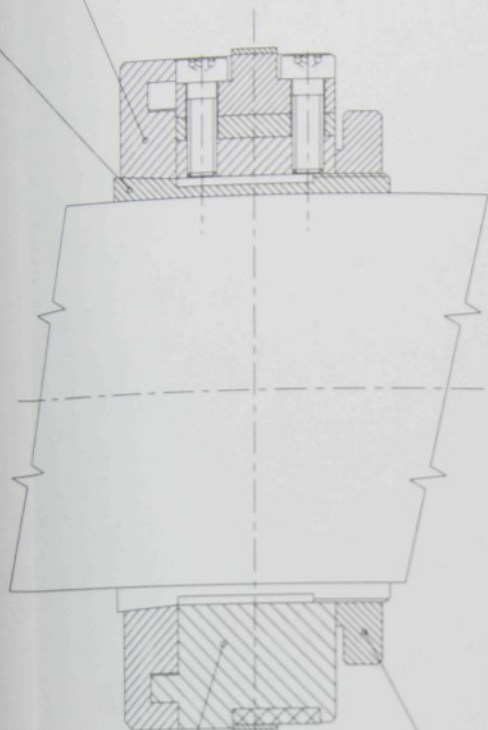


Obr. 2 Přípravek pro měření úhlové rychlosti a úhlu na průběžných hřídelích



2
3.000

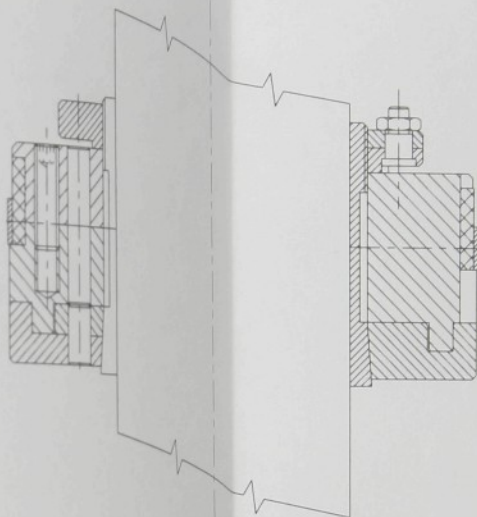
A-A



1
MP 01.000

4
MP 04.000

B-B



4. K ZAJIŠTĚNÍ POZ. 4 PROTI UVOLNĚNÍ SLOUŽÍ PRŮŽNOVÁ ZÁPADKA POZ. 6
3. PO UVOLNĚNÍ POZ. 4 MOŽNO POZ. 1 S UPEVNĚNOU POZ. 5 OTÁČET
2. NA HRÍDEL SE POSTUPNĚ UPEVNÍ POZ. 3, 2 A POZ. 1, NA KTEROU SE BOČNĚ NASUNE ROZEVRĚNÁ POZ 5, VŠE SE PAK ZAJISTÍ POZ. 4
1. NITRIDOVANÉ DÍLCE PŘELEŠTĚNY NA FUKČNÍCH PLOCHÁCH

IND		ZMĚNA		DAT.		PODPIS		POUŽITO U Č.V.		M. J.		POS.	
ZN. MAT.				T.O. 021				VÚTS LIBEREC		VÚTS LIBEREC, a.s.			
ROZM. POLOT.								HMOTNOST kg		MĚŘ. 1 : 1			
Č. POM. ZAŘ.								POZN.		TŘ. Č.			
VYPR. ONDROUCH		NORM. R.						STARÝ V.		Č. KUSOVN.			
PŘEZK.		KRESLIL						MP 00.000		Č. V.			
TECHN.		SCHVÁLIL						Listo		List			
NÁZEV		TYP: MĚŘICÍ PŘÍPRAVEK											
MĚŘICÍ KOTOUČ													

Modernizace měřicího zařízení pro přesná dynamická měření úhlových rychlostí a úhlů DMU 3

Ing. Pavel Šidlof, CSc., VÚTS Liberec, a.s.

Doc. Ing. Miroslav Svoboda, TU Liberec

Ing. Petr Škop, CSc., VÚTS Liberec, a.s.

Ing. Pavel Klouček, VÚTS Liberec, a.s.

Ing. Václav Čejka, VÚTS Liberec, a.s.

Byl vyroben a oživen doplněk do přístrojů DMU 3 umožňující přímý digitální záznam úhlových rychlostí a úhlů pomocí analyzátoru 2580 P. Tím se zpřesnilo měření (odpadl D/A a A/D převod), snížilo rušení a uvolnily se dva kanály analyzátoru pro měření jiných veličin. Soubor funkcí pro zpracování měření v programu Mathematica byl rozšířen a zdokonalen a doplněn o program pro zarovnávání grafů. Byly navrženy nové algoritmy a shromážděny návrhy zlepšení pro stavbu přístroje DMU 4 (zvýšení přesnosti měření úhlové rychlosti, měření úhlového zrychlení, zdokonalené měření nízkých rychlostí atd., celkem 35 položek). Projednáno s firmou ASIX a předběžně dojednána realizace na začátek příštího roku.

Do přístrojů DMU 3 byly navrženy a vyrobeny přídavné desky, které dávají digitální výstup umožňující přímý záznam úhlových rychlostí, úhlů a jejich rozdílů do nového měřicího analyzátoru 2580P pomocí 32 bitové vstupní desky analyzátoru typu 614 D. Tím bylo zpřesněno měření (odstraněn D/A a A/D převod) a podstatně sníženo rušení. Dosud používané dva analogové kanály analyzátoru se uvolnily pro záznam jiných veličin. Funkční zkoušky se prováděly pomocí simulátoru řízeného přesným generátorem. Nyní se již zařízení běžně využívá při měřeních. Byl vytvořen základní software pro převod binárních dat analyzátoru na hodnoty ve fyzikálních jednotkách. Výsledky jsou velmi dobré.

Soubor funkcí v programu Mathematica určený pro zpracování dat z měření se dále průběžně zdokonaloval a rozšiřoval a nyní se intensivně využívá hlavně pro zpracování náročnějších měření vyžadujících přechod mezi vyjádřením měřené veličina-čas a měřená veličina-úhel, pro frekvenční analýzu s obecným počtem bodů a pro porovnání výsledků měření s výpočty. Soubor obsahuje téměř 60 funkcí. Významné bylo vytvoření náročného programu pro svislé zarovnávání většího počtu diagramů před kreslením, které umožňuje kvalitní porovnávání jednotlivých průběhů. Základní software ani jeho dodatky tuto funkci neobsahují.

Byla připravena stavba nového (zdokonaleného) přístroje DMU 4. Byly navrženy nové algoritmy pro zvýšení přesnosti měření úhlové rychlosti, pro měření úhlového zrychlení a pro zvýšené rozlišení při měření nízkých rychlostí. Na základě zkušeností z měření a zpracování výsledků byly shromážděny návrhy na zlepšení funkce a vlastností (celkem 32 položek). Jednotlivé návrhy byly detailně projednány s firmou ASIX, která nyní připravuje návrh smlouvy. S realizací se počítá na začátek příštího roku.

1. Přístroj P-TEST

Automatizace a modernizace přístroje PERMETEST

Doc. Ing. Ivan Doležal, CSc.

Výzkumné centrum Textil Liberec

*Katedra elektroniky a zpracování signálů
Technické univerzity v Liberci*

1.1 Úvod

Tato zpráva uzavírá etapu vývoje prvního prototypu přístroje. Popisuje řešení úkolu od stavu z listopadu 2001, popsaného ve zprávě [1].

Od února 2002 řešitel pokračoval na vývoji a ladění obslužného programu na finálně zapojeném a oživeném prototypu. Po zprovoznění úplného měřicího cyklu pak předal přístroj sekci B Centra k provedení dalších zkoušek a nastavení, již specificky uživatelských nebo souvisejících se seřízením podmínek měřicí metody. Na základě zjištěných problémů pak provedl některé úpravy i na měřicím modulu a v měřicí části programového vybavení.

V závěru zprávy jsou uvedena doporučení pro další etapu, plynoucí m.j. z nedostatečné kapacity paměti použitého mikrořadiče a omezeních, daných vývojovou realizací měřicího modulu.

1.2 Programové vybavení

Program mikrořadiče po úvodní inicializaci všech proměnných a nastavení periférií (zejména displeje LCD včetně zavedení uživatelských znaků) vyše úvodní identifikaci přístroje, t.j. název „P-TEST“, výrobní číslo a číslo verze programu, na první řádek displeje i na sériovou linku, což ohlásí i zahráním znělky. Poté provede úvodní kalibraci A/D převodníku, spustí cyklické měření na všech kanálech a testuje připojení snímačů. Postup signalizuje rostoucí vodorovný sloupcový graf na 2. řádku displeje (bargraph).

Po zobrazení hlavního menu na displeji přechází do hlavní smyčky obsluhy zpráv od stisku tlačítek a příjmu povelů sériovou linkou.

Na druhém řádku displeje je blikajícím celoznakovým kurzorem na pozici prvního znaku vyznačena aktuálně vybraná položka. Tlačítkem ← resp. → se vybírá předchozí resp. následující položka, příp. se volí řád zadávané hodnoty (blikající kurzor pod příslušnou číslicí). Pokud je na začátku řádku zobrazen znak ← nebo na konci znak →, znamená to, že se tam skrývají ještě další, z nedostatku místa právě nezobrazené položky, které se zobrazí automaticky dalším stiskem příslušného tlačítka pro posun. Jestliže se vybírá název submenu, přechází se do něj tlačítkem ↓, naopak tlačítkem ↑ se vracíme do vyššího menu. Uvedená tlačítka příp. dekrementují resp. inkrementují číslici zadávané hodnoty. Tlačítkem ↵ se přiřazuje položka jako hodnota příslušné veličině, uvedené na prvním řádku (návrat tlačítkem ↑ hodnotu nemění), nebo se potvrzuje zpráva (YES, NO, OK).

Struktura menu je zobrazena v tab. 1. Každé submenu je zpravidla na 1. řádku displeje uvedeno nadpisem, který je podrobnější, než odpovídající položka nadřazeného menu. Tyto nadpisy však nejsou pro přehlednost v tab. 1 uvedeny.

Původně byly do programu přístroje začleněny a odladěny téměř všechny funkce diagnostiky, použité v programu pro oživení a základní nastavení. Po vyčerpání kapacity paměti kódu mikrořadiče ATmega161 (8 Kslov) byly prozatím vyřazeny, aby se tak ušetřila paměť pro tu část programu, která řídí vlastní postup měření.

Tab. 1 Struktura menu

* ... v aktuální verzi není tato část vložena

MAIN MENU

Measure

Operate	<i>Prepare ? Yes</i>
Options	
	Watering <i>Yes No</i>
	Temper <i>0 5 10 15 K 32 35 °C</i>
	Fan <i>0 2 3 4 5 m/s</i>
	Menu <i>Main Meas Run Prepare Diagn</i>

Results

File *

List *
Send *
Clear *

Diagnost

Acts

Heating * 00000...65535
Fan 0000...1023
Pump *

ADC

Values

Diagnostika

Všechny aktuátory (Acts) se dají ovládat „ručně“. Akční veličina vytápění hlavice (Heating) se nastavuje s 16-bitovým rozlišením (5-ciferně), napětí ventilátoru (Fan) s 12-bitovým (4-ciferně) – oboje viz [1].

Při volbě dávkovací pumpy (Pump) se zobrazuje aktuální hodnota kanálu A/D převodníku, měřícího zavodnění hlavice, a počet kroků, které pumpa vykonala od vynulování tlačítkem ←. Stiskem tlačítka ↓ se provede 50 kroků, stiskem tlačítka ↵ jeden krok, ovšem při jeho držení krokuje pumpa stále.

Při zobrazování hodnot z A/D převodníku (ADC) se tlačítky ← a → volí jeden z 5 kanálů s příslušnými snímači, jak již bylo uvedeno v [1]. Po řadě se jedná o alfametr, diferenciální termočlánek, platinový teploměr (hlavice), snímač relativní vlhkosti a elektrody zavlhčení.

Případné překročení rozsahu oběma směry je signalizováno znaky ↓ resp. ↑ na konci 2. řádku, za zobrazením rozmezí průměrovaných hodnot, které je uvozeno znakem „Δ“. Tlačítkem ↵ se vypíná/zapíná korekce offsetu vstupů A/D převodníku, signalizovaná znaménkem minus před textem „ADC“.

V režimu Values se již zobrazují buď přímo měřené SI veličiny, přepočtené z údajů A/D převodníku převodními konstantami a příp. linearizací, nebo veličiny nepřímé, dopočítané (viz tab. 2). Na displeji se zobrazuje i příslušná jednotka. Tlačítkem ↵ se zapíná/vypíná regulace teploty hlavice, což je signalizováno znakem * na 1. pozici 1. řádku. Periodické spínání vytápění (PWM) též signalizuje červená LED na panelu přístroje.

Tab. 2 Veličiny zobrazované v diagnostickém režimu

veličina	značka	jednotka
tepelný tok hlavice	Qt	W/m ²
rozdíl teplot hlavice a vzduchu	Δθ	K
teplota hlavice	θh	°C
relativní vlhkost vzduchu	RH	%
zavlhčení hlavice	hm	%
žádaná hodnota teploty hlavice	w	°C
* regulační odchylka, * akční veličina teploty hlavice	e u	K %
klouzavý průměr tepelného toku	Qa	W/m ²
teplota okolí	θa	°C

* ... obě veličiny se zobrazují současně, avšak bez značky jednotky

Na sériovou linku se vysílají hodnoty všech přímo i nepřímo měřených veličin, neboť jádro programu je stále měří a počítá. Každé měření je uvozeno svým pořadovým číslem od posledního resetu (označeno prvním znakem #), každá hodnota je identifikována jednopísmennou značkou před vlastním číslem. Na PC se přijaté hodnoty zpracovávají programem PERMTERM [1].

Ovládání akčních členů a nastavení různých koeficientů je možné z PC po sériové lince. Povelů se skládají ze dvou písmen, následovaných zpravidla číslem v plovoucí řádové čárce (viz příl. 1).

Měření

V submenu voleb (Options) se nastavuje režim měření. Zavodňování hlavice určuje volba Watering. Teplota hlavice (Temper) se nastavuje buď na diferenci od teploty okolí (údaje v kelvinech K) – pak 0 K znamená izotermický režim, nebo na konstantní hodnotu ve °C. Ventilátor (Fan) je buď vypnut (0 m/s), nebo jeho otáčky seřizeny tak, aby ve vzduchovém kanálu vyvolaly příslušnou rychlost proudění. Nastavení jsou ukládána do paměti EEPROM, takže zůstávají zachována i po vypnutí přístroje. To umožňuje též poslední volbou Menu určit submenu, které se na displeji objeví po inicializaci přístroje – v případě zvoleného parametru Run se tak dokonce bezprostředně spustí příprava měření.

Možné pokyny a ostatní nápisy na displeji během měření jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Posloupnost hlášení během měřicího cyklu

Prepare ? Yes

[Fill manually ? No Yes:CheckBeep]

[Head is not dry]

[WATER SYRINGE Full Partly]

[No Water ! OK]

[Time Out ! OK]

Insert sample !

[No Water ! OK]

[Time Out ! OK]

zobrazení výsledků

Běžně se příprava měření musí odsouhlasit (*Prepare ?*), teprve pak se hlavice dle potřeby zavlhčuje a zahřívá. V tomto submenu se též zobrazují volby měření nebo teplota spolu s relativní vlhkostí okolního vzduchu – přepínají se tlačítka $\leftarrow$ a $\rightarrow$.

Na rozdíl např. od přístroje ALAMBETA je P-TEST přístroj poloautomatický, neboť obsluha musí na pokyn přístroje (zvukové znamení a výzva na displeji) vložit vzorek mezi hlavici a vzduchový kanál nikoliv již na začátku měření, ale až po ukončení jeho referenční fáze. Přitom přístroj není schopen rozeznat, kdy je vzorek vložen, pouze pomocí koncového snímače polohy hlavice zjistí, že bylo s hlavicí manipulováno. Kromě toho je nutno obsluhovat dávkovací pumpu – plnit injekční stříkačku a natahovat krokovací mechanismus, jehož aktuální poloha přitom nemůže být elektronicky zjišťována.

Protože krokování mechanismu přes celý rozsah trvá dlouho (ca 500 kroků při kmitočtu ca 2 Hz), lze suchou hlavici zavlhčit rychleji ručním stisknutím injekční stříkačky. Přitom je zavlhčení hlavice vzorkováno rychleji a indikováno akusticky tak, aby obsluha včas zastavila posuv stříkačky. Aby měl program možnost alespoň počítáním kroků určit, kdy je již dosaženo dorazu, lze jej informovat o výchozím natažení mechanismu. Další kontrolou, že je již injekční stříkačka prázdná, představuje limit počtu kroků, kterým se voda do hlavice průběžně doplňuje.

V případě suchého režimu měření program varuje, pokud není hlavice suchá.

Ustálení podmínek se v obou etapách měření (bez vzorku / se vzorkem) posuzuje shodně – je požadován určitý počet vzorkovacích cyklů (ca 1,35 s), kdy je ve zvolené toleranci jak regulační odchylka teploty hlavice, tak relativní difference dvou po sobě jdoucích hodnot tepelného toku, průběžně filtrovaného klouzavým průměrem. Přesněji řečeno aktuální splnění obou podmínek současně inkrementuje čítač podmínky, nesplnění jej naopak dekrementuje. Ustálení je uznáno, jakmile čítač podmínky dosáhne požadovaného stavu. Kromě zmiňovaných kritérií je v EEPROM uložen i maximální počet vzorkovacích cyklů (t.j. čas), během něhož musí ustálení nastat (time-out). Na displeji se zobrazuje postup ustalování vodorovným sloupcovým grafem na 2. řádku displeje, jehož šířka je funkcí součtu druhých mocnin regulační odchylky a difference tepelného toku a stavu čítače podmínky, nebo je možno tlačítky zvolit opět parametry okolního vzduchu či volby měření. Průběžně měřené

hodnoty jsou vysílány po sériové lince, aby mohly být pomocí programu PERMTERM využity pro seřízení přístroje.

Ustálení je akusticky signalizováno a po první etapě je obsluha vyzvána k vložení vzorku a jeho potvrzení tlačítkem, přičemž je manipulace s hlavici kontrolována koncovým snímačem. Po druhé etapě se již zobrazí výsledek, v případě dvou veličin mokrého režimu se hodnoty opět přepínají tlačítky $\leftarrow$ a $\rightarrow$. Podmínky měření jsou dále udržovány, dokud se submenu měření neopustí. Po vyjmutí vzorku (dle informace snímače polohy hlavice) může pokračovat příprava dalšího měření.

Výsledky se budou ukládat do seznamu v EEPROM pro statistické zpracování – shodně s jinými přístroji se předpokládá implementace základní statistiky opakovaných měření (průměr, variační koeficient, minimum, maximum). Seznam měření může být po sériové lince odeslán do PC, kde jej jednoduchý program uloží do ASCII souboru na disk buď pro další zpracování např. v EXCELU nebo MATLABu, nebo k vložení do dokumentace výzkumu.

Jak již bylo uvedeno, vzhledem k nedostatku paměti kódu mikrořadiče bude moci být seznam měření implementován až v mikrořadiči ATmega323 na finální desce modulu.

Délka programu v aktuální verzi V 1.0.5a, přeložená verzí překladače V1.23.7, činí 8133 slov, globální proměnné z toho zabírají 700 B. Zdrojovými soubory jsou PTestM.c (počet řádků: 1552), PTestS.c (428), PTestF.c (192) a hlavičkový PTest.h (58).

1.3 Seřízení přístroje

Pomocí referenčního konektoru byl nejprve kalibrován vstupní ofset na všech kanálech a následně měření teploty hlavice a relativní vlhkosti. Ačkoliv jsou v přístroji použity standardizované resp. kalibrované snímače, pro jistotu byla ověřena a příp. kalibrována přesnost měření na příslušném kanálu – jednak na vstupním konektoru pomocí referenčních odporů nebo napětím, jednak přímo s připojenými snímači, ovšem kromě alfametru, kde není měření tepelného toku jiným přístrojem možné.

Pro diferenciální termočlánek byl nakonec použit linearizovaný převodní vztah, který pro teplotu vzduchu 22 ± 2 °C a teplotu hlavice od 18 °C do 47 °C vykazuje chybu nejvýše $\pm 0,07$ K.

Podle referenčního snímače teploty Pt100, který byl řešitelem kalibrován na chybu menší než 0,05 K, bylo dostaveno měření teploty nasávaného vzduchu a měřicí ústřednou TESTO 454 s kombinovanou sondou ověřena shoda měření relativní vlhkosti vzduchu s ohledem na nejistotu měření tímto přístrojem i snímačem v P-TESTu.

Pro přesnější výpočet linearizačního polynomu relativní vlhkosti byl změřen kmitočet generátoru a parazitní kapacita vedení od snímače k desce. Chyba linearizace je $\pm 0,2$ % v zúženém rozsahu 28 % až 75 % RH.

Měření na elektrodách hlavice prokázalo dobrou funkci tohoto principu – při zavlhčování se odpor mění od neměřitelně velké hodnoty až na hodnoty pod 5 k Ω , hodnoty A/D převodu se pak prakticky pohybují mezi 100 až 26000. Pro posouzení zavlhčení jsou stanoveny 3 konstanty v EEPROM. První je hodnotou, pod níž je hlavice považována za suchou, další dvě představují dolní a horní mez regulace s hysterezí. Při počátečním zavlhčování se při překročení dolní meze zpomalí krokování dávkovače.

Anemometrem ALMEMO 2290-4 s miniaturní turbínkovou sondou byla měřena rychlost vzduchu uvnitř kanálu při dotyku sondy na střed hlavice. Se dvěma sériově řazenými ventilátory byl rozsah regulace rychlosti 2,3...6,5 m·s⁻¹. Po odebrání jednoho ventilátoru bylo

možno zbývajícím dosáhnout rozsahu $1,8...5,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, což se jevílo jako efektivnější řešení. Volby rychlosti vzduchu v měřicím kanálu byly proto po konzultaci s prof. Hesem upraveny na 2.0, 3.0, 4.0 a $5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Problém offsetu a jeho řešení

Po posouzení prvních měření v textilní laboratoři se ukázalo, že velké hodnoty rozdílu teplot hlavice a vzduchu v kanálu a tepelného toku v klidovém stavu v poměrně ustálené teplotě (alespoň ve srovnání s podmínkami u řešitele) nemohou být způsobeny radiací a prostorovým a časovým gradientem teplot v místnosti, jak jsme se původně domnívali. Rovněž měření na nepropustné fólii vykazovalo nesprávné hodnoty.

Řešitel zkoumal příčinu chyb a po poměrně zdlouhavých testech bylo zjištěno :

1. Zřejmě (z neznámých důvodů velké) termoelektrické napětí na mezilehlém konektoru připojení snímačů způsobuje velkou chybu diferenciálního termočlánku.
2. Na hlavici se uplatňuje svod topné vložky, alfametry a stínění kabelu do uzemňovaného tělesa hlavice, především pro střídavé rušení, které způsobuje stejnosměrný posun údaje A/D převodníku. To se běžným postupem předem nezjistilo, neboť stejnosměrný svod nebyl až tak velký.
3. Jak již bylo uvedeno v [1], nepříznivě se projevují zřejmě parazitní elektrochemická (nečistoty na desce mezi spoji) i termoelektrická (obvody v patičkách) napětí na univerzální desce plošných spojů.
4. Offset na vstupech A/D převodníku je velký (až 250 LSB), teplotní drift vstupní proudové nesymetrie se jeví vyšší než udávaný v katalogu nebo vnitřní autokalibrace obvodu nefunguje správně.

Zde je nutno připomenout, že se na prvních dvou kanálech jedná o extrémně slabé signály – rozlišení převodníku (1 LSB) je $0,3 \mu\text{V}$.

Problém ad 1. byl vyřešen vypuštěním konektoru a společným zapouzdrněním vnitřního i vnějších spojů diferenciálního termočlánku s tepelným kontaktem na kostru přístroje.

Problém ad 2. byl částečně vyřešen připojením fóliových (malý svod) kondenzátorů $1\mu\text{F}$ mezi vstupy 1. a 2. kanálu, takže přídatný offset o hodnotě 10...12 LSB se jeví konstantní. Jako nevhodné se ukázalo připojení společného pseudodiferenčního vstupu A/D převodníku, který musí být společným vodičem snímačů, na potenciál okolo poloviny napájecího napětí, jak to v základním zapojení obvod AD7731 vyžaduje místo vhodnějšího spojení se zemí – tak tomu bývalo u starších typů AD771x, které však měly vnitřní chybu. Jádru hlavice totiž musí být spojeno se skutečnou zemí, m.j. též proto, že tvoří jednu z elektrod, snímajících zvlhčení hlavice.

Problém ad 3. vyřeší finální dvoustranná, prokovená deska plošných spojů s pájecí maskou a bez patic. Je nutno si uvědomit, že její návrh i výroba jsou nákladné a jakákoliv změna zapojení (třeba viz níže) je pak již vyloučena. Přitom by se mohlo stát, že drahé a především obtížně dostupné integrované obvody SMD by již nebylo možno odpájet a použít na nové desce. Na univerzální desce byly nakonec analogové obvody zapájeny, ale zlepšení nebylo výrazné.

Problém ad 4. a s ním aktuálně i ad 3. byl vyřešen zapojením relé ovládaného mikrořadičem, které přepíná vstupy A/D převodníku na referenční odpory. Příslušnou úpravou v kalibračním podprogramu byla kalibrace nuly převodníku AD7731 změněna z interní na systémovou.

Posouzení, úpravy a seřízení z hlediska uživatele

V sekci B Centra je nutno provést řadu seřizovacích prací z hlediska vlastní měřicí metody a posouzení z hlediska uživatelů :

1. spolupráce při empirickém seřízení regulace teploty hlavice (řešitelem vypočítané i externím odborníkem dodané koeficienty regulátoru se neosvědčily)
2. test ovládání přístroje z hlediska „user-friendly“ kritéria a návazností menu
3. posouzení a příp. návrhy úprav textů menu
4. návrh zvukové signalizace jednotlivých stavů (dle [2])
5. seřízení zavlhčování hlavice
6. seřízení vlastního měřicího algoritmu (podmínky ukončení přípravné i měřicí fáze měřicího cyklu)
7. návrh koeficientů vztahu pro indikaci postupu ustalování děje
8. srovnávací měření textilních vzorků, změřených jinou metodou
9. stanovení rozsahů přímých i výsledných veličin
10. napsání konceptu návodu k obsluze

Úpravy dle bodů 1. a 5. až 7. může provádět přímo testovací pracovník změnou konstant v EEPROM pomocí příkazů, poslaných do přístroje z PC aplikace PERMTERM po sériové lince. Na pracovišti byl instalován programátor pro ISP programování (t.j. v systému) mikrořadiče hexa soubory, které pošle řešitel e-mailem jako výsledek překladu změněného zdrojového kódu na svém pracovišti. To umožní vyzkoušet drobné opravy a úpravy programu (viz b. 3. a 4.) bez transportu přístroje k řešiteli.

K testování zvukových signálů (znělek) může být řešitelem zapůjčen samotný modul s generátorem zvukové signalizace ([1], [2]) a programem pro generování a zasílání kódů z PC.

K vypracování b. 10 může též napomoci tato zpráva.

1.4 Závěr

První prototyp přístroje je hardvérově dokončen, firmvér přístroje je naprogramován a zhruba odladěn, takže měřicí cyklus kompletně probíhá.

Bohužel problémy s ofsetem a především personální potíže s dvojitou výměnou a též nedostatečnou kvalifikací testovacích pracovníků pro tento úkol v sekci B způsobily, že kromě výše zmíněného zjištění problémů s ofsetem nebyla doposud provedena žádná uživatelská nastavení (jak uvedena výše). Současně se ukázalo, že pod Windows 2000, která jsou instalována na PC textilního pracoviště, nefunguje softvér programátoru mikrořadiče, takže nebude možno provádět úpravy programu operativně.

Testy měření a regulace zavlhčování hlavice prokázaly dobrou funkci použitého principu snímání i dávkování. Použitý dávkovač bez zpětnovazebního snímání polohy, poloautomatický způsob dávkování (rychlé ruční, pomalé elektromechanické) s ručním plněním po vyjmutí stříkačky z mechanismu však značně komplikují obslužný program i vlastní obsluhu, byť je pokrok oproti původnímu přístroji PERMETEST značný.

V r. 2002 byl publikován článek [2] a odeslán příspěvek [3].

Řešitel navrhuje pokračovat v sekci B v pracích a ověřování dle seznamu viz výše. Nový pracovník (diplomant) by mohl pracovat na jiném PC se starší verzí Windows, takže operativní úpravy programátorem by byly možné.

Současně navrhujeme uvažovat o výrobě druhého prototypu přístroje s úpravami a zaměřením pozornosti na :

1. Úprava konstrukce hlavice – umístění topného tělesa a snímače teploty tak, aby se odstranily problémy s jakostí regulace.
2. Uvážit zapojení asymetrického napájení A/D převodníku, aby pseudodiferenční vstup mohl být na potenciálu země.
3. Návrh oboustranné, prokovené, nepájivou maskou opatřené desky měřicího modulu s mikrořadičem ATmega323 (vzorek je k dispozici), osazenou i relé přepínání vstupů.
4. Po zdvojnásobení paměti kódu doprogramovat
 - a) funkce seznamu měření a statistiku
 - b) bootloader pro možnost upgradu firmvéru do FLASH paměti
 - c) zavádění kalibračních konstant do EEPROM paměti
5. Hledat vhodný typ elektromagnetické vibrační pumpy pro prakticky neomezenou dodávku vody z většího, zřejmě externího zásobníku. K tomu bude nutné změnit příslušný obvod na výkonové desce vč. nového návrhu desky.
6. Příslušně upravit mechaniku přístroje (upevnění desky modulu a vibrační pumpy) a připravit dokumentaci pro opakovanou výrobu.
7. Navrhnout desku plošných spojů ovládacího panelu a finální kabeláž přístroje.

Poznátky z testování prvního prototypu by byly pochopitelně využity.

Literatura

- [1] Doležal, I.: *Automatizace a modernizace přístroje PERMETEST*.
[Sborník technických zpráv Výzkumného centra Textil, sekce C, skup. Mechatronické systémy], ISRN TUL-VC3-TZ/MS--01/003/CZ, Liberec, TUL 2001.
- [2] Doležal, I.: *Generátor zvukové signalizace pro mikropočítačové systémy*.
Sdělovací technika, 50 (2002), č.9, s.18-20, č.12, s.##-#. ISSN 0036-9942
- [3] Doležal, I. – Hes, L.: *P-TEST – Computerized Instrument for Testing of the Water Vapour Permeability/Resistance of Fabrics*.
Přihlášeno na IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Rio de Janeiro, Brazílie, červen 2003.

Přílohy

Příkazy programu PERMTERM pro nastavení přístroje P-TEST ve verzi firmware 1.0.5

Možno použít malá i velká písmena, reálná hodnota x nebo celočíselná hodnota n je oddělena mezerou, příkaz ukončen a vyslán stiskem ENTER.

Pokud jsou uvedeny hodnoty, jedná se o hodnoty implicitní, t.j. uložené do EEPROM přístroje při programování dané verze.

Obsluha příkazů označených * je z kompilace aktuální verze vyřazena.

AF n	(Actuator Fan)		napětí a tedy i otáčky ventilátoru, $n = 0...1023$
AP n	(Actuator Pump)		dávkovací pumpa provede n kroků (max. ca 500)
AH x	(Actuator Heating)		vyhřívání hlavice, $x = 0...100$ [%]
O1 i	(Offset Channel 1)		* offset ADC - kanál alfametru
O2 i	(Offset Channel 2)		* offset ADC - kanál diferenciálního termočlánku
		$i \cong -500 ... +500$	
RW x			* žádaná hodnota (rozdíl teplot [K])
R1 x		0,617	* P koeficient regulátoru teploty hlavice
R2 x		0,0234	* PI koeficient
R3 x		0,0	* PD koeficient
R4 x		0,0	* přídavný koeficient
R5 x		0,0	* přídavný koeficient
RO	(Regulator On)		* zapnutí regulace teploty
RF	(Regulator Off)		* vypnutí regulace teploty
CE x	(Condition)	0,2	podmínka odchylky od žádané hodnoty v ustáleného stavu [K]
CQ x		0,01	podmínka relativní difference filtrované hodnoty tepelného toku
CN n		10	požadovaný postupný počet splnění obou podmínek viz výše, $n = 1...100$
M1 n	(Moisture)	2000	práh zavlhčení hlavice (podmínka suchého stavu)
M2 n		5000	práh zapnutí pumpy
M3 n		10000	práh vypnutí pumpy
MN n		50	max. počet kroků pumpy pro dovlhčení (max. 500)
		$n = 10...32767$	

2. Pyrometr

Ověření metody nízkoteplotní pyrometrie nezávislé na emisivitě objektu

Doc. Ing. Ivan Doležal, CSc.

Výzkumné centrum Textil Liberec

*Katedra elektroniky a zpracování signálů
Technické univerzity v Liberci*

2.1 Úvod

Tato zpráva se zabývá technickou přípravou experimentu, který má ověřit funkci metody nízkoteplotní pyrometrie nezávislé na emisivitě objektu dle patentu [1]. Metoda je podrobněji popsána v [2]. Potřebné vztahy a charakteristiky, stejně jako nejistoty měření budou uvedeny až ve zprávě, která bude experiment vyhodnocovat.

Principem metody je zpracování signálů ze dvou nezávislých měřicích kanálů, tvořených infračervenými snímači s různou, pokud možno co nejvíce rozdílnou vlastní teplotou.

2.2 Uspořádání experimentu

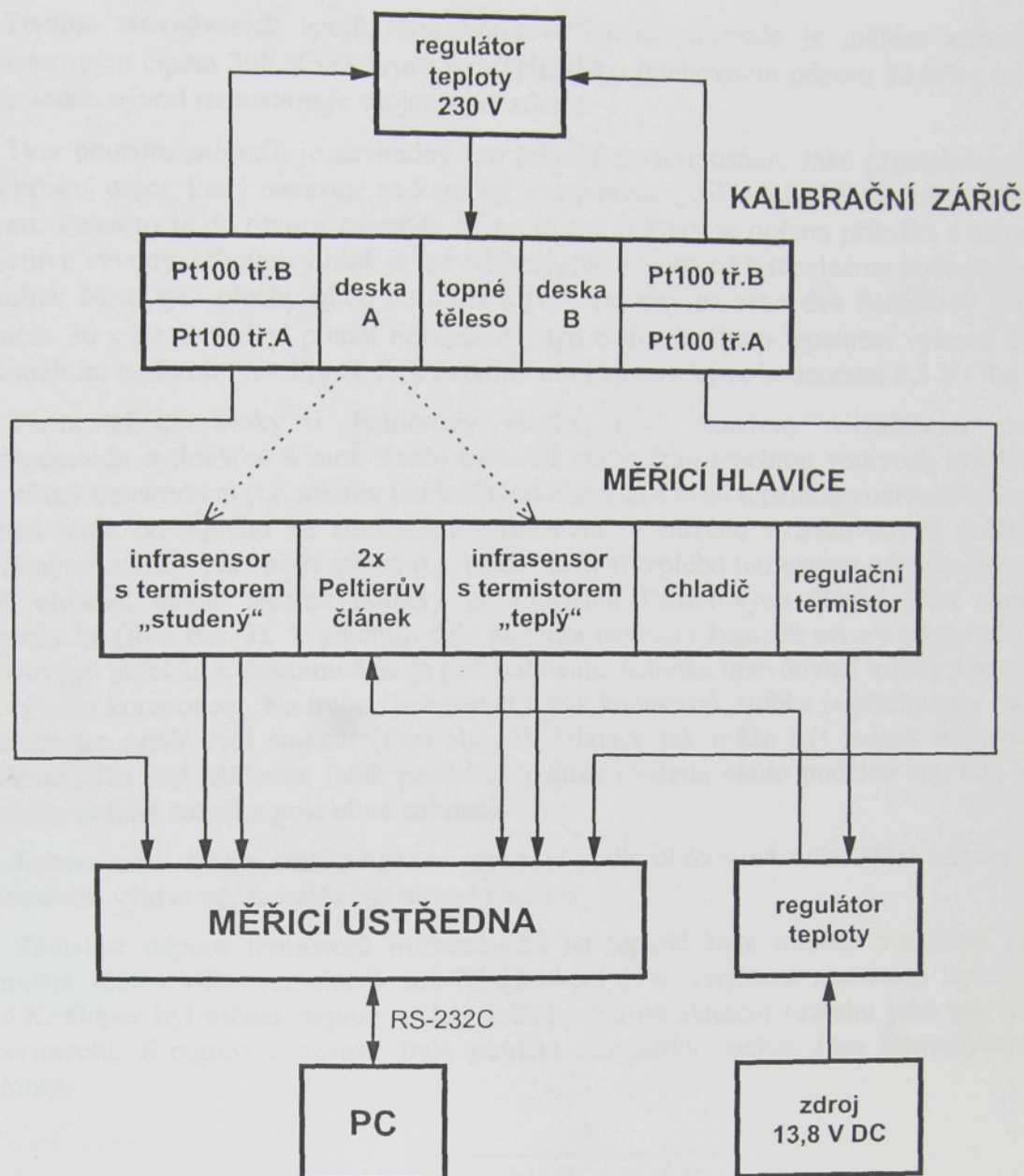
Experimentální zařízení se skládá z měřicí hlavičky, měřicího systému, kalibračního zářiče a jednotky zdroje a regulátorů (viz obr. 1).

Pro zjednodušení zařízení nemá experimentální měřicí hlavička žádnou infračervenou optiku, která je dosti nákladná, takže bylo nutno zohlednit značný, přirozený zorný úhel použitých snímačů. Z tohoto důvodu bude měřicí hlavička umístěna v bezprostřední blízkosti experimentálního zářiče. Teplotní rozdíl snímačů v hlavičce vyvolává baterie dvou Peltierových článků.

V maximální míře byla použita standardní zařízení. K měření a záznamu signálů je použita měřicí ústředna Agilent Technologies 34970A s multiplexorovým modulem 34902A (foto obr. 8), připojená na PC, k regulaci teploty zářiče starší regulátor teploty TRS 311 a k napájení Peltierových článků spínaný stejnosměrný zdroj. Pouze regulátor teploty termostatů pro snímače je vzhledem k nestandardní hodnotě odporu snímače teploty (termistor 10 k Ω , avšak nestandardní konstanta B) a specifickému napájení Peltierových článků (nelze použít pomalou pulzní šířkovou modulaci) zapojen z několika součástek na univerzální desce. Protože by experimentální zářič měl mít několik povrchů s různou emisivitou, nebylo možno použít standardní kalibrátor – model černého tělesa. Zářič je postaven okolo jádra staršího provedení přenosného domácího teplometu. Aktivní povrchy desek zářiče se liší povrchovou úpravou.

Pro záznam signálů byla pod Windows napsána aplikace, jež komunikuje s měřicí ústřednou po sériové lince RS-232C a data ukládá do souboru k off-line vyhodnocení experimentu, které proběhne v prostředí MATLAB.

Měří se napětí dvou generátorických snímačů infračerveného záření na nejcitlivějším rozsahu měřicí ústředny (100 mV s rozlišením až 0,1 μ V), vnitřní teplota těchto snímačů vestavěnými čipy termistorů na rozsahu 100 k Ω a dále teplota dvou protilehlých desek kalibračního zářiče přímo na rozsahu měření teploty se čtyřvodičově připojenými snímači Pt100 (rozlišení až 0,01 K), celkem tedy 6 kanálů z možných 16 dvouvodičových nebo 8 čtyřvodičových.



Obr. 1 Blokové schéma experimentálního zařízení

2.3 Měřicí hlavice

Pro experimentální hlavici byly zakoupeny tepelné snímače infračerveného záření TS-100K (výrobce Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V., Jena, SRN) s tenkovrstvou baterií termočlánků antimon-vismut a vestavěným teploměrem. Použitý subtyp má okénko s antireflexním, interferenčním pásmovým filtrem 8–14 μm . Průměr okénka je 4 mm, zorný úhel 83°, citlivost okolo 65 V/W. Snímač je hermetizován v modifikovaném, kovovém tranzistorovém pouzdře TO-5 se 4 vývody, plněném dusíkem (daný subtyp). Uváděná pracovní teplota $-20...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ může být dle výrobce překročena až do $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokud bude snížena maximální ozáření snímače. Při vyšších teplotách již hrozí nevratné snížení emisivity černěného povrchu citlivé plochy.

Teplota srovnávacích spojů termočlávkové baterie snímače je měřena miniaturním termistorovým čipem 30K5CG2 firmy BetaTHERM o jmenovitém odporu 30 kΩ a toleranci 10 %. Jeden vývod termistoru je spojen s pouzdrům.

Tvar pouzdra snímačů je nevhodný pro montáž do termostatu. Jako přijatelné řešení se jevil přesný otvor, který navazuje na kónický zorný otvor v základním bloku termostatu o šíři 20 mm. Pouzdro je do otvoru zasunuto až po límec, o který je opřena příložka s otvory pro jednotlivé vývody. Hliníkový blok je tedy dělený, plocha určená k tepelnému kontaktu je však jednotlivá. Mezi tyto plochy obou termostatů jsou vloženy na sebe dva Peltierovy články o rozměru 30 × 30 mm². Byl použit neznačkový typ o maximálním tepelném výkonu 27 W a maximálním teplotním rozdílu 60 K, s maximálními elektrickými hodnotami 8,5 V / 4,6 A.

Termostatické bloky i Peltierovy články jsou uzavřeny v izolačním pouzdru z textumoidu o tloušťce 8 mm. Tento materiál má velkou tepelnou vodivost, avšak žádný jiný běžný konstrukční (t.j. nikoliv jen izolační) materiál s nižší tepelnou vodivostí neexistuje. Vedení tepla od teplého ke studenému termostatu je sníženo vyfrézovanými drážkami a vyvrtanými otvory. Na vnější straně (t.j. boku hlavice) teplého termostatu není izolace, nýbrž malý chladič, neboť tepelné poměry na plochách Peltierových článků jsou z principu asymetrické (foto obr. 3). V předním čele pouzdra navazují kónické otvory na zorné otvory v kovových blocích, k zadnímu čelu je přišroubována úchytka upevňovací trubky a procházejí jím vývody komponent. Na trubce je nasunut držák konektorů, trubka je přichycena stavěcím kloubem ke svislé tyči stojanu (foto obr. 4). Hlavice tak může být jednak nastavena do potřebné výše nad základnu (stůl, podlaha), jednak otočena okolo podélné osy tak, aby se zaměnila poloha zorného pole obou snímačů.

Jednorázová výroba měřicí hlavice proběhla podle okótované ruční skici sestavy, takže konstrukční výkres zde nemůže být reprodukován.

Závislost odporu termistorů infrasnímačů na teplotě byla měřena v teplotní komoře Saunders 4220A/MR v rozsahu 0–100 °C s krokem 5 °C. Nejistota nastavené teploty je ca 0,15 K. Odpor byl měřen stejnou měřicí ústřednou a na stejném rozsahu jako při vlastním experimentu. K regresi závislosti byla použita standardní funkce (pro termodynamickou teplotu)

$$\Theta = \frac{1}{a + b \ln R_g + c \ln^3 R_g}$$

s koeficienty a , b , a c vypočítanými v MATLABu. Chyba regrese v celém rozsahu nepřekročila 0,05 K.

2.4 Kalibrační zářič

Experiment vyžaduje povrchy nejen s nastavitelnou a známou teplotou, ale i s různou emisivitou. Ta jistě nemůže být jednoduše plynule měněna. I výměna krytů termostatu by byla problematická, proto bylo navrženo 4 různé povrchy, vždy dva na polovinách vnějšího povrchu každé desky. Obě masívní hliníkové desky o ploše 320 × 100 mm² jsou upevněny proti sobě vnitřními povrchy, na které září topná vložka 800 W (viz foto obr. 7, kde desky nejsou). Protože zadní stranu teplometu nebylo možno demontovat, byl vyroben nový rám.

Čtyři různé povrchy jsou kombinací dvou drsností (původní hladký a pískovaný povrch) a dvou barev (původní kovová a černý elox). Vnitřní povrchy desek jsou pískované a černěné, aby dobře pohlcovaly záření topné vložky.

Uprostřed každé desky jsou v otvorech zasunuty dva teploměrné snímače Pt100 – jednak přesnější (tř. A) pro určení teploty do experimentu, jednak běžný tř. B jako snímač pro regulátor teploty desek.

2.5 Podpůrné komponenty

Pomocné prvky jsou upevněny na základně z laminové desky, jak je vidět na fotografii obr. 5. Jejich elementární propojení a kabely k měřicí hlavici a zářiči odpovídají blokovému schématu na obr. 1.

Regulátor a napájecí zdroj Peltierových článků

Teploty termostatů nemusí mít přesnou hodnotu, ale neměly by příliš kolísat. Při experimentu se však bude nastavovat několik různých hodnot. Teplý termostat by se neměl ohřát nad 100 °C, teplota studeného termostatu kontrolována být nemusí.

Peltierovy články byly zapojeny sériově. Experimentálně zjištěný proud pro ustálenou maximální teplotu je ca 1 A. Pro rychlejší náběh teploty bude potřeba proud 2× až 3× větší, který běžné napájecí adaptéry nejsou schopny dodat. Laboratorní zdroj je příliš velký, takže by komplikoval manipulaci s celou sestavou, proto byl za příznivou cenu zakoupen spínaný zdroj 13,8 V / 8 A od tuzemské firmy MIKROTEL (obr. 5 vpravo).

Napájení Peltierových článků reguluje zdroj proudu s výkonovým tranzistorem MOSFET, upevněným na poměrně rozměrném chladiči (obr. 5 vzadu). Výstup napětového děliče, zapojeného z termistoru a potenciometru pro nastavení teploty, může vzhledem k vysoké citlivosti termistoru přímo řídit hradlo MOSFETu bez dalšího zesilovače.

Regulátor kalibračního zářiče

Síťové napětí je do druhé zásuvky na desce (obr. 5 vlevo vpředu) připojováno starším tuzemským průmyslovým pulzním regulátorem teploty TRS 311 (foto obr. 6), který byl k dispozici. Snímačem teploty je Pt100, avšak rozsah regulace je pouze 0–100 °C.

Oba snímače Pt100 v deskách kalibračního zářiče budou spojeny a doplněny rezistorem tak, aby byl požadovaný rozsah ca 50–250 °C transformován do změn odporu, které odpovídají rozsahu regulátoru. Regulátor má 3 prvky pro nastavení koeficientů regulace.

2.6 Programová podpora

Nastavení měřicí ústředny, čtení naměřených dat i záznam celého experimentu provede aplikace PyroTest, která je naprogramována v prostředí Borland C++ Builder V5 pod Windows.

Ke komunikaci s měřicí ústřednou na portu COM plnou rychlostí 115,2 kBd se softwarovým protokolem (XON/XOFF) byla použita freewarová komponenta ComPort Library V2.63 (Dejan Crnila, Slovinsko).

Okno programu je na obr. 2. Jednotlivé odměry měřicí ústředny jsou vyvolány SCPI příkazem vysoké úrovně MEAS (viz textové pole SCPI příkazy jednotce). Další pole řetězcového příkazu představují veličinu, rozsah, rozlišení a kanál, na nějž je příslušný snímač připojen. Případný znak \$ je nahrazován příslušným řetězcem podle volby rozlišení signálu infračerveného snímače zaškrtnutím políčkem rozlišení 0.1 mV.

Test pyrometru s měřicí ústřednou

SNÍMAČ #1 - Teplota [degC] 3,96	SNÍMAČ #2 + Teplota [degC] 81,01	ZÁŘIČ Teplota A [degC] Teplota B [degC] 208,7 210,1	
Napětí [mV] 2,911	Napětí [mV] -2,952	Strana ☒ A ☐ B	Místo ☐ Levé ☒ Pravé
		Natočení ☐ - ☒ +	Objekt zářič

START	STOP	1 odměr	Jméno souboru Data1
Perioda skanování [s] 10	☐ rozlišení 0.1 mV		
Počet vzorků 5	Uložit průměr	<< Skrýt možnosti	

Soubor přípona DAT	SCPI příkazy jednotce MEAS:VOLT:DC? 100E-3, 0.3E-6, (@201) MEAS:VOLT:DC? 100E-3, 0.3E-6, (@202) MEAS:RES? 100E3, 0.3, (@203) MEAS:RES? 100E3, 0.3, (@204) MEAS:TEMP? FRTO, 85, 1, 0.1, (@205) MEAS:TEMP? FRTO, 85, 1, 0.1, (@206)
☒ Bublinová nápověda COM port ☐ COM1 ☒ COM2 ☐ COM3 ☐ COM4	☒ zobrazit Odezva jednotky +3.65712500E+03 +2.08677000E+02 +2.10067000E+02

Obr. 2 Okno programu PyroTest

Hodnoty zobrazené na obr. 2 jsou skutečně měřené kromě teplot zářiče, kde byly místo snímačů Pt100 připojeny rezistory o jmenovitém odporu 180 Ω . Před hlavici byla postavena krabice z černého plastu (o teplotě okolí). Teplota infrasnímačů se počítá ze změřeného odporu jejich termistorů podle výše uvedeného regresního vztahu.

Cyklus měření se spouští jednorázově (1 odměr), opakovaně s nastavenou periodou (START/STOP) nebo se bez prodlevy provede předvolený počet měření (Uložit průměr), která se průměrují a připojí k souboru s nastaveným názvem.

V každém řádku souboru je kromě šesti naměřených hodnot v plovoucí řádové čárce ještě uložena řetězcová zkratka, vyjadřující místo měření – název objektu, deska zářiče (A | B), polovina desky (L | P) a natočení hlavice (– | +). Aby bylo možno místo měření zjišťovat programově v M-skriptu, je na prvním místě řádku celočíselný kód, generovaný podle výše zmíněných voleb místa snímání. Soubor se v MATLABu načte do matice jednoduchým příkazem `load filename.ext -ascii`. Zkratka místa je uložena za znakem %, který v MATLABu uvozuje poznámku, takže je při načítání ignorována a nezpůsobí chybu.

2.7 Závěr

Měřicí hlavice je zkompletována a oživena, zapojeny jsou i pomocné komponenty na desce. Po dokončení povrchové úpravy desek bude sestaven a opatřen snímači i kalibrační zářič, poté vyzkoušena a nastavena regulace jeho teploty.

Program je již odladěn, neboť se jedná pouze o snímání veličin na experimentálním systému, nikoliv o interakci s ním.

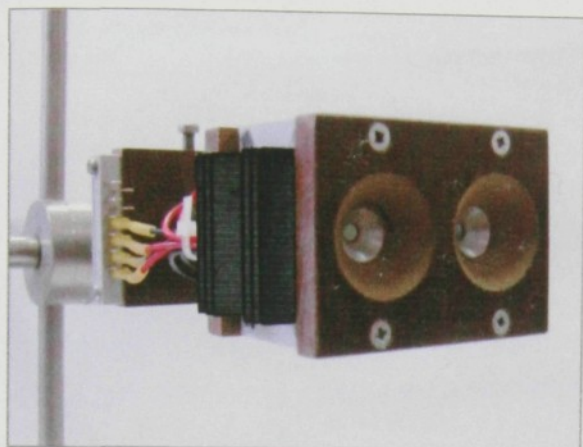
Experiment bude spočívat v nastavení různých teplotních rozdílů infrasnímačů (včetně nulového, t.j. při okolní teplotě) a různých teplot kalibračního zářiče (včetně teploty okolní) s následným záznamem napěťového signálu infrasnímačů při umístění hlavice před jednotlivé povrchy zářiče. Bude nutno vyšetřit i vliv vzdálenosti čelní plochy hlavice od povrchu zářiče, ovšem za splnění podmínky, že zorné pole snímačů neopustí desku.

Pomocí komerčního pyrometru bude nastavováním shody teploty odečítané a teploty známé z měření vestavěnými snímači zjištěna emisivita povrchů zářiče.

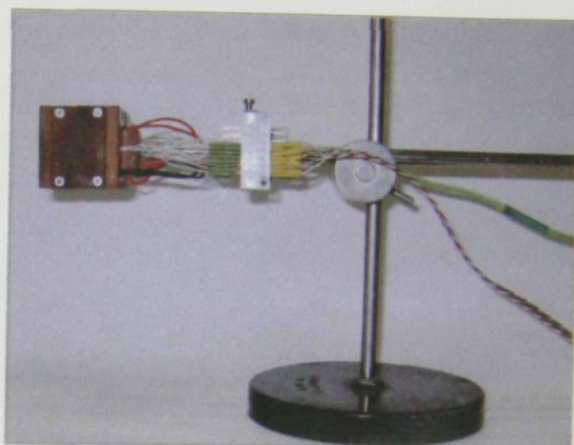
Literatura

- [1] EP 0623811. Hes, L.: *Method of contactless measuring the surface temperature and/or emissivity of objects*. 3. 5. 1993 (CZ)
- [2] Doležal, I.: *Příspěvek k automatizaci tepelných měření*. [Habilitační práce] Liberec, 1999 – TUL, FM.

Přílohy – fotografie



Obr. 3 Detail měřicí hlavice



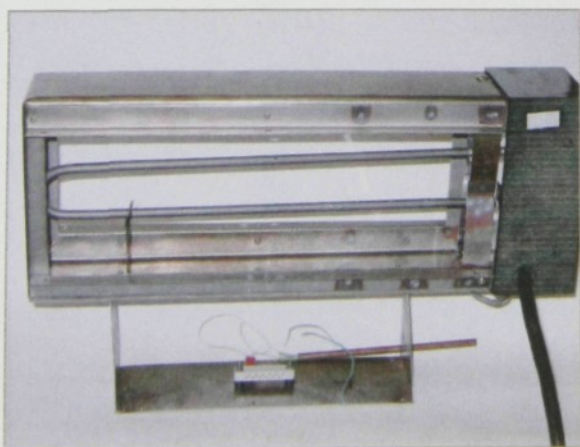
Obr. 4 Hlavice se stojanem



Obr. 5 Základna s podpurnými prvky



Obr. 6 Detail základny s regulátorem



Obr. 7 Kalibrační zářič



Obr. 8 Měřicí ústředna