

Vysoká škola: **Strojní a textilní**

Katedra: **KVS**

Fakulta: **Textilní**

Školní rok: **1965/66**

## DIPLOMNÍ ÚKOL

pro **s. Radovana T a l a c k o**

obor **přádelnictví**

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název tématu: **Návrh zařízení pro dotykové měření teploty**

Pokyny pro vypracování:

1. Při návrhu konstrukce zařízení volte jako čidla termistoru.
2. Proveďte výběr termistoru pro tento druh měření a proveďte jeho oceňování.
3. Celou konstrukci proveďte tak, aby zařízení bylo použitelné na fixačním rámu TOTEX.
4. Dle možnosti postavte model pro laboratorní odzkoušení.

.....  
.....  
.....  
.....

Rozsah grafických laboratorních prací: v laboratoři provést oceňování termistoru, zjistit rychlost náběhu teploty a dle možnosti odzkoušet model.

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran textu, výkresová dokumentace modelu zařízení.

Seznam odborné literatury: Katalog termistorů VÚPM - Šumperk

Dílčí zpráva za rok 1961 výzkumného úkolu  
"AUTOMATIZACE " VÚZ - Dvůr Králové n.L.

Firemní literatura : P.GOSSEN & CO. GMBH ERLANGEN  
"MAVOTHERM "

Vedoucí diplomní práce: Ing Milan Kyncl

Konsultanti: Ing Kolomazník, Výzkumný ústav práškové metalurgie,  
Šumperk

Datum zahájení diplomní práce: 2. září 1965

Datum odevzdání diplomní práce: 9. října 1965

L. S.

Vedoucí katedry

Děkan

v Liberci

dne

2. září 1965

VŠST LIBEREC

Dotykové měření teploty.

DP — STR.

9. ŘÍJNA 1965

Radovan Talacko

Prohlašuji, že jsem tuto práci vykonal zcela samostatně.

*Radovan Talacko*

Dotykové měření teploty tkaniny.  
-----

Úvod :

V textilní technologii, právě tak jako v jiných odvětvích našeho průmyslu, vystupuje do popředí otázka měření. Nejen u pokusných aparatur je nutné správné a účelné rozmístění měřících přístrojů, aby byla dosažena reprodukovatelnost výsledků, ale především u výrobních strojů moderních koncepcí, kdy je nutné, aby tyto stroje pracovaly s co největší účinností a největší hodinovou produkcí. Přesné měření nejenom všech parametrů na straně prostředí, ale i na straně upravovaného materiálu, je pro většinu nových technologických pochodů nezbytností. Nová technologie klade stále větší nároky na měřicí techniku, mimo jiné i na měření teploty tkaniny.

Vliv teploty při zpracování textilních materiálů, je jednou z důležitých složek, jež výrazně ovliv-

ňuje technologii a ekonomiku textilního výrobku, od samého začátku, t.j. od zpracování suroviny, až po konečné úpravářské operace. Dodržování správných technologických podmínek je velice důležité nejen u přírodních, klasických materiálů, ale zvláště v nynější době, kdy nastupují v široké míře vláknenné materiály z regenerovaných přírodních surovin a hlavně plně syntetické vláknenné materiály. Především u syntetických materiálů, lze různým technologickým zpracováním dosáhnout širokého sortimentu jak přízí, tak i konečných výrobků, které se svým použitím velice liší i když jsou vyrobeny ze stejné suroviny. Zde vliv teploty hraje prvořadou úlohu.

Úkolem této diplomní práce je dotykové měření teploty tkaniny při fixaci. Tkanina, která procházela různými úpravářskými procesy nemá původní, správný rozměr, t.j. požadovanou šíři. Fixace tkaniny se provádí na fixačním rámu. Tkanina zde prochází tepelným polem, kde se postupně ohřívá na fixační teplotu v napjatém stavu. Potom se tkanina náhle ochladí. Tímto efektem dosáhneme toho, že tkanina již dodržuje správnou šíři bez napětí. Každý druh tkaniny vyžaduje různou fixační teplotu. Fixační teploty u jednotlivých materiálů se někdy liší jen o několik málo stupňů. Dodržení správných fixač-

ních teplot je velice důležité a závisí do jisté míry na citu a zručnosti obsluhujícího personálu. U dosavadních fixačních strojů, které vyrábí národní podnik Tetex Chrastava, se měří pouze teplota vzduchu, jenž ohřívá tkaninu. Podle teploty vyhřívacího vzduchu se usuzovalo na teplotu tkaniny. Přesným změřením teploty tkaniny by bylo možno zjistit, jak rychle má tkanina procházet tepelným polem. Z toho vyplývá, že přesné změřením teploty fixované tkaniny by přineslo nové poznatky pro zkonstruování nových strojů tohoto typu. Toto přesné měření by ovlivnilo výrazně i ekonomiku vlastní výroby tkaniny.

Tento diplomní úkol odhaluje vlastní problematiku dotykového měření teploty ve velmi zajímavých a neobvykle těžkých podmínkách. Problémy, které se zde vyskytují, přesahují časové možnosti této diplomní práce. Snažil jsem se vyřešit nejzávažnější otázky, ale některé detaily, které by usnadnily a zlepšily toto měření budou vyžadovat další a hlubší výzkum.

0,01 Princip fixačního rámu.

Navlhčená tkanina je rozpínána mezi ojehlené, nekonečné Gallevy řetězy, které jí v napnutém sta-

vu unášejí mezi poli trysek. Trysky jsou v malé vzdálenosti / 60 mm / umístěny nad a pod tkaninou. Tryskami proudí horký vzduch, který je vyhříván výměníky tepla. Dopravu vzduchu zvenčí do výměníků a pak do trysek obstarávají ventilátory. Výměníky tepla jsou vytápěny přehřátou parou. Na parametrech páry závisí teplota vyhřívacího vzduchu, která dosahuje maximálně 200 °C. U každého tryskového pole je snímána a zaznamenávána teplota vyhřívacího vzduchu termočláňkovými teploměry. Maximální teploty se dosahuje v předposledním poli trysek. Na konci stroje je ochladicí pole. Zde se tkanina ochladí a po následujícím rozepnutí z napjatého stavu již dodrží svou správnou šířku a navinuje se na váleček.

/L6/

#### 1,00 Teplotní čidla .

Úkolem bylo zjistit, o kolik se liší teplota tkaniny od teploty teplotnosného media, v tomto případě vzduchu. Teplotu lze měřit dotykovým a bezdotykovým způsobem. Při dotykovém měření odpadá celá řada problémů, které provázejí na př. bezdotykové měření teploty a sice tímto se vylučuje vliv sálání okolních těles. Nedostatek detektorů infračerveného záření československé výroby a drahé zahraniční výrobky, kupované mnohdy za valuty, odpadají, protože jako čidla pro měření teploty

bylo použito perličkového termistoru. Perličkový termistor je mnohem lacinější než detektory pro bezdotykové měření teploty. Pro bezdotykové měření se dá použít PbS-cela chlazená, nebo nechlazená, výrobek firmy ZEISS - JENA, nebo rovněž PbS - - cela od firmy Thomson - Houston. Používá se ještě daleko dražší vakuový termočlánek Vth-Zeiss, či dokonce pneumatický Golayův detektor, vyrobený v sérii několika kusů v Československu na ČSAV v Brně. Výhodou termistoru pro dotykové měření je jeho malá velikost, z čehož vyplývá malá choulostivost na otřesy a tedy výhodnější použití v provozu.

#### 1,01 Teplotní snímače pro dotykové měření.

Jelikož se jedná o změření teploty určitého bodu na tkanině, musí být měření periodické, protože se tkanina pohybuje, z toho vyplývá, že doba měření musí být se nejkratší / zhruba asi 2 vteřiny/. Tato veličina ovlivňuje výběr čidla, z nichž přicházejí v úvahu :

1. kovová odporová čidla
2. termočlánky
3. termistory

add 1. Kovová odporová čidla - jsou nejpřesnější prvky pro měření teploty, ale mají malou závislost odporu na teplotě /  $0,3\%/1^{\circ}\text{C}$  /

/L5/



a jsou rozměrově příliš velká. Vyřebit velmi malé čidlo by bylo prašné. Proto se pro naši potřebu nehodí.

add 2. Termočlánky — mohou mít sice velmi malé rozměry, ale v požadovaném teplotním rozsahu mají velmi malé výstupní napětí. U termočlánků je nutno dělat kompenzaci studených konců. Tato kompenzace by byla pro naše provozní měření velmi obtížná, nákladná a nepohodlná. Proto jich nepoužijeme.

add 3. Termistory — jsou polovodičová odporová čidla s negativní závislostí odporu na teplotě. Mají určité nevýhody v nestabilitě, ale to je otázka výroby, která v této době je již na takové výši, že nestabilita v dosahovaných hodnotách je zanedbatelná. Nestabilitu lze skoro úplně odstranit umělým stárnutím, které bude popsáno později. Perličkové termistory mají velmi malé rozměry, velký teplotní koeficient a malou dobu náběhu. Pro tyto vlastnosti se hodí perličkové termistory pro náš účel nejlépe.

Tato čidla jsou seriově vyráběna Výzkumným ústavem práškové metalurgie v Šumperku.

/Ll/

1,02 Základní vlastnosti termistorů.

Termistory jsou polovodičové prvky, jejichž základní vlastností je závislost jejich odporu na teplotě. Při zvýšení teploty, odpor termistoru prudce klesá. Termistory jsou v rozmezí teplot, které jsou schopny měřit, asi 10 x citlivější než platinové snímače.

Termistory jsou velmi citlivé do teplot  $\pm 150$  °C, dále již jejich odpor klesá mnohem pomaleji. Nejvyšší teplota, jakou je možno ještě měřit, je 220 °C. Na př. v oblasti pokojových teplot reaguje termistor tak citlivě, že při přiblížení lidské ruky na vzdálenost asi 1 cm, způsobí velkou výchylku na galvanometru měřícího můstku za během 0,5 vteřiny.

Charakteristiku termistoru lze posoudit z připojeného grafu.

Základním materiálem pro výrobu termistorů je směs kysličníků Mn, Ni, Co, Cu, Fe, Ti, U. Tato směs připravená ve vhodném poměru se lisuje do žádaného tvaru a spéká za vysokých teplot. Termistory mohou mít různý tvar, podle použití -  
- tyčinky, destičky, perličky a pod. Perličkové termistory mohou být uzavřeny v evakuovaných baňkách, nebo přímo pokryty sklem, či lakem. Právě perličkové termistory pro malou časovou konstantu jsou vhodné pro měření teplot jak laboratorně,

/L2/

/L3/

/L1/

tak i v provozu.

Pro posouzení jednotlivých termistorů uvádí výrobce jeho srovnávací odpor  $R_0$ , při teplotě okolí  $20\text{ }^\circ\text{C}$  a teplotní součinitel  $-\alpha_0$ . Teplotní součinitel vyjadřuje o kolik % klesne odpor / vůči srovnávacímu odporu / při zvýšení teploty o  $1\text{ }^\circ\text{C}$ . Jelikož je srovnávací odpor vázán na teplotu  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , vztahuje se i součinitel  $-\alpha_0$  na tuto teplotu. U běžně používaných perličkových termistorů je teplotní součinitel asi  $3 - 3,5\%$ .

/L2/

/L3/

/L4/

### 1,03 Elektrické vlastnosti termistorů.

Elektrické vlastnosti termistorů se řídí těmito základními funkcemi:

/L2/

$$R = f(T)_{I=KONST} \quad [\Omega; ^\circ K] \quad (1)$$

$$R = f(I)_{T=KONST} \quad [\Omega; A] \quad (2)$$

První funkce uvádí závislost odporu termistoru  $R$  na absolutní teplotě okolí  $T$ , při určitém žhavičím proudu  $I$ . Druhá závislost vyjadřuje odpor termistoru na žhavičím proudu při stálé teplotě okolí  $T$ .

Jelikož se budeme zabývat změnami teploty, musíme vycházet ze vztahu 1, bude potom odpor termistoru, který závisí na teplotě dán vztahem :

$$R = \left( \frac{R_a - R_b}{1 + kI^2} + R_b \right) \cdot e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_a} \right)} \quad (3)$$

$R$  - odpor termistoru při proměnné teplotě okolí  $T$

a žhavičím proudem  $I$  .

$R_a$  - počáteční odpor termistoru při počáteční teplotě  $T_a$  .

$T_a$  - počáteční teplota termistoru / na příklad  $273,1^\circ\text{K} = 0^\circ\text{C}$  a proudem  $I = 0$  .

$B$  - materiálová konstanta.

$k$  - proudový činitel.

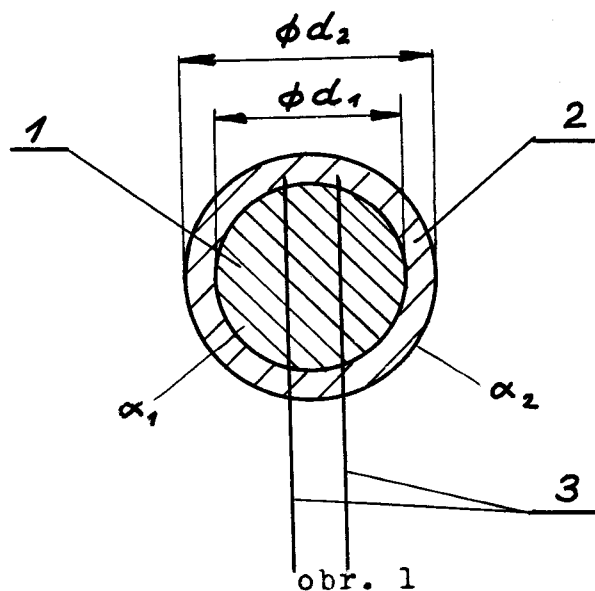
$R_b$  - nejmenší stálý odpor, který může být dosažen buď vysokou teplotou okolí  $T$  při  $I = 0$  , nebo vysokým proudem  $I$  při  $T = \text{konst.}$

Pro naše měření je nutno použít velmi malých proudů, které můžeme označit jako  $I = 0$  .

Je-li  $I = 0$  přejde rovnice 3 ve tvar

$$R = R_a \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_a}\right)} \quad 4$$

Perličkový termistor :



- 1 - vlastní perlička
- 2 - ochranný obal
- 3 - platinové příводы

Perličkové termistorové teploměry mohou být založeny na dvojím principu :

1. termistorem teče nulový proud  $I = 0$  , nebo proud velmi malý,
  2. Žhavicí proud může dosahovat vyšších hodnot.
- Tento druhý způsob se hodí pro termistorové anemometry.

Teplotní poměry mezi žhaveným perličkovým termistorem a okolním prostředím jsou přibližně vyjádřeny tímto vztahem / vztahuje se na tělese kulového tvaru / .

$$(T_p - T) = \frac{Q}{T} \left[ \frac{1}{\alpha_1 d_1^2} + \frac{1}{2\lambda_0} \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2^2} \right] \quad (5)$$

- $T$  - teplota okolního prostředí
- $T_p$  - teplota perličky
- $Q$  - tepelný tok mezi okolím a perličkou
- $\alpha_1$  - součinitel přestupu tepla mezi perličkou a ochrannou vrstvou
- $\alpha_2$  - součinitel přestupu tepla mezi termistorem a okolním prostředím
- $\lambda_0$  - tepelná vodivost ochranné vrstvy

$d_1$  - průměr perličky

$d_2$  - průměr perličky s ochrannou vrstvou

Tepelný tok :

$$Q = 0,86RI^2 \quad (6)$$

0,86 - elektrotepelný ekvivalent

R - odpor termistoru

I - proud tekoucí termistorem

Z uvedené rovnice vyplývá, bude-li protékající proud nulový, bude i tepelný tok roven 0. Teplota termistoru  $T_p$  bude rovna teplotě okolního prostředí  $T$ . Ostatní veličiny pro velmi malé geometrické rozměry a vodiče, budou mít zanedbatelný vliv. Potom bude odpor termistoru R roven odporu  $R_a$ . Proto může být termistor použit jako universální snímač pro měření teplot všech prostředí, bez ohledu na jejich složení, tedy na tepelnou vodivost. Cejchování teploměru je stále pro všechna prostředí.

1,04 Umělé stárnutí termistorů .

Termistor po jisté době mění své hodnoty. To je způsobeno tím, že je vyroben ze směsi, která je dána celou řadou dílčích složek, jež mohou měnit

/L1/

časem své vlastnosti. Proto podrobujeme termistory umělému stárnutí.

Umělé stárnutí může být dynamické a statické.

Stárnutí může být prováděno teplotou, nebo proudem. Při teplotním stárnutí se termistory zahřívají v peci na 200 °C po dobu 100 ÷ 1000 hodin.

Při statickém stárnutí se ohřívací teplota po celou dobu nemění, při dynamickém se periodicky střídá ohřívání s ochlazováním.

Proudové stárnutí je založeno na zatěžování termistorů střídavým, nebo stejnosměrným proudem a to opět po dobu 100 až 1000 hodin, podle typu termistoru. Proud tekoucí termistorem dosahuje hodnot, které udává výrobce. Při statickém procesu je zatěžovací proud po celou dobu stálý, při dynamickém procesu se zatížení střídavě mění.

Oba stabilizační procesy, t.j. teplotní i proudový se mohou provádět za sebou, nebo současně. Obojí stárnutí u našich termistorů bylo již provedeno ve výrobním závodě. Před ocejchováním byla provedena zkouška stability termistorů. Termistor byl v pěti cyklech střídavě zahřát na teplotu 210 °C a rychle ochlazen na teplotu okolí. Termistor byl vyhříván v olejové lázni. Z této lázně byl termistor při měření dolní teploty ponořen do jiné olejové lázně, která měla teplotu místnosti, t.j. 22 °C. Stabilita

termistoru byla dobrá, protože rozdíly v naměřeném odporu byly nepatrné. Při 210 °C byl rozdíl v hodnotách 0,2 - 0,7 Ω . Při dolních hodnotách 2 - 8 Ω . Tyto rozdíly jsou pro naše měření zanedbatelné. Odpor termistorů byl měřen měřícím můstkem METRA - MLG.

1,05 Proměření závislosti odporu termistoru na teplotě.

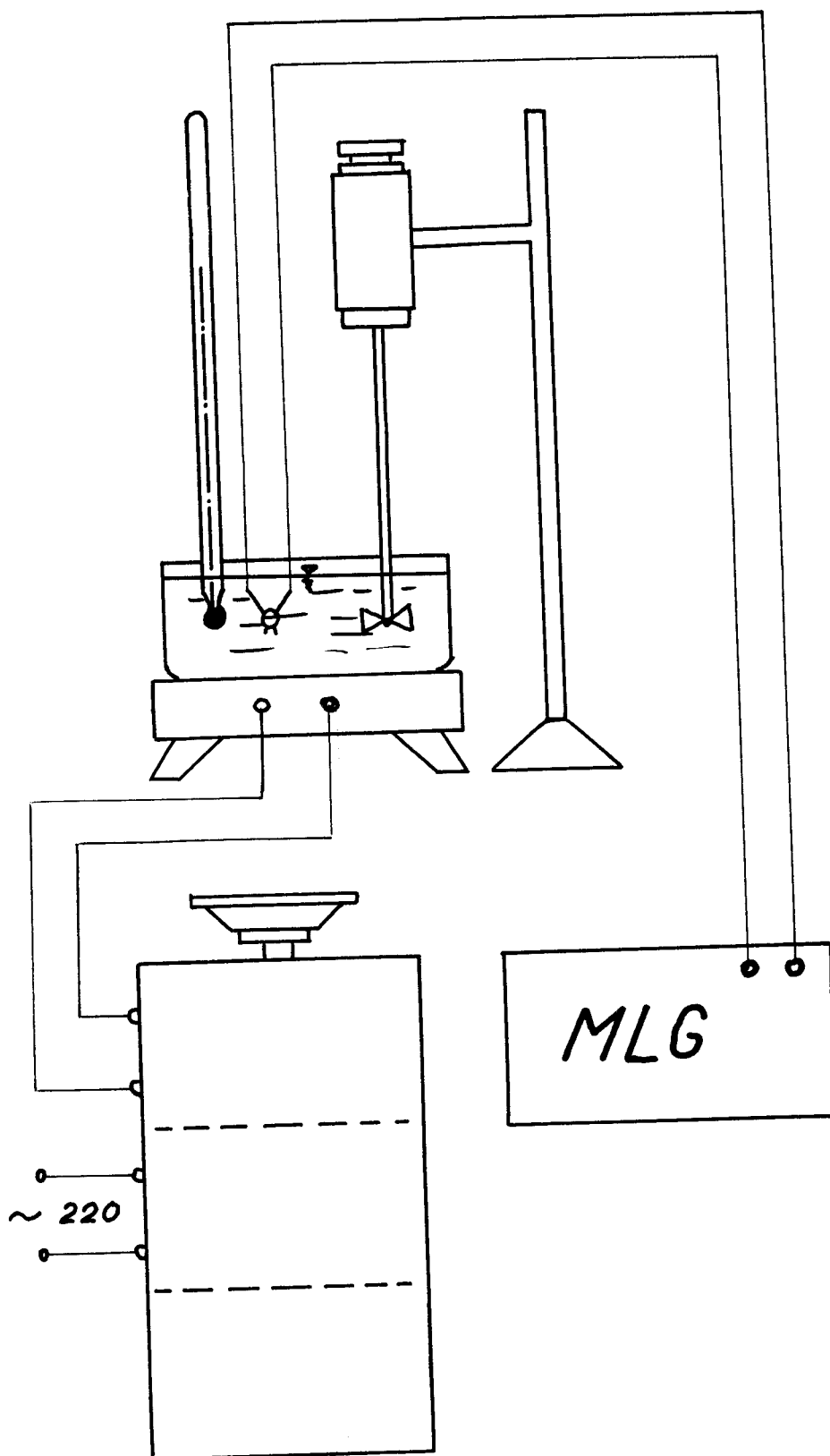
---

Proměřování bylo prováděno takto : termistor byl připojen na vedení, které bude použito při vlastním měření teploty tkaniny, aby byl brán v úvahu i odpor vedení. Termistor byl ponořen do olejové lázně, která byla vytápěna elektrickým vařičem. Lázeň byla míchána elektrickou míchačkou, aby rozložení teploty v lázni bylo co nejrovnoměrnější. /Viz obr. 2/ . Vstupní napětí do vytápění bylo měněno autotransformátorem " Křížík" . Teplota lázně byla měřena přesnými teploměry 0 °C - 50 °C , 50 °C - 100 °C , 100 °C - 300 °C . Měření bylo provedeno od 30 °C - 200 °C a zpět od 200 °C - 30 °C po 1 °C . Autotransformátorem bylo možné nastavit takové napětí pro vytápění, aby teplota lázně se mohla ustálit na žádané výši. Teplota byla držena na požadované hodnotě vždy asi 5 minut. V této době se lázeň mohla tepelně vyrovnat. Tímto způsobem bylo také vyloučeno zpoždění rtuťových teploměrů .

/ L 8 /



Schematické znázornění měřicího zařízení :



obr. 2

Z naměřených hodnot byla sestavena následující tabulka :

$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$
32	26,92	54	10,61
33	23,25	55	10,30
34	22,76	56	9,96
35	21,51	57	9,50
36	20,74	58	9,20
37	19,89	59	8,91
38	19,32	60	8,61
39	18,49	61	8,32
40	17,94	62	8,01
41	17,25	63	7,79
42	16,36	64	7,52
43	15,94	65	7,28
44	15,25	66	7,09
45	14,67	67	6,82
46	13,99	68	6,60
47	13,61	69	6,43
48	13,20	70	6,22
49	12,57	71	5,99
50	12,31	72	5,84
51	11,92	73	5,64
52	11,44	74	5,46
53	11,10	75	5,27

VŠST LIBEREC

Dotykové měření teploty.

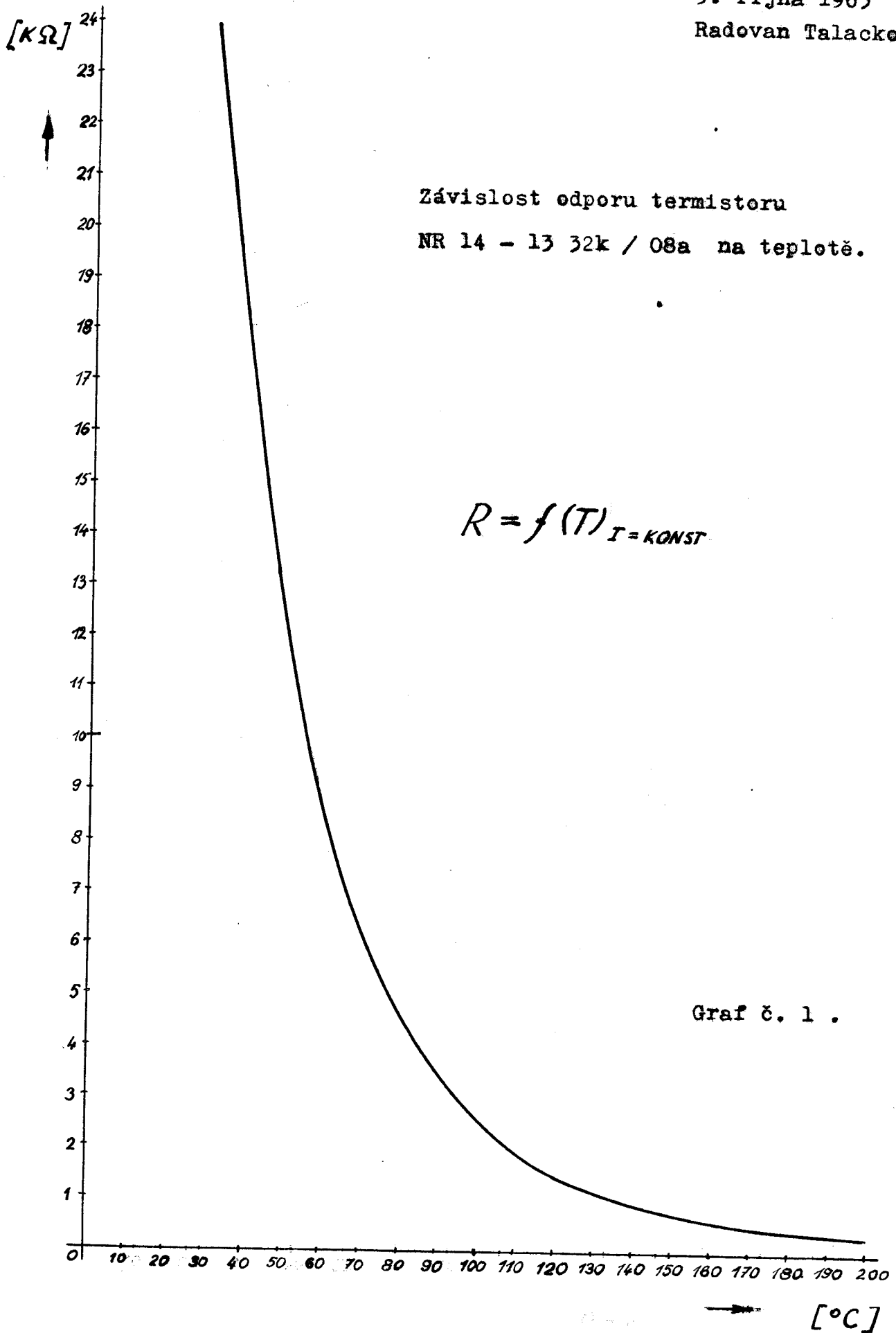
DP — STR. 16

9. ŘÍJNA 1965

Radovan Talacko

$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$
76	5,130	101	2,500
77	5,001	102	2,440
78	4,832	103	2,384
79	4,680	104	2,341
80	4,540	105	2,261
81	4,383	106	2,221
82	4,270	107	2,156
83	4,171	108	2,106
84	4,036	109	2,058
85	3,910	110	2,011
86	3,810	111	1,955
87	3,682	112	1,899
88	3,581	113	1,851
89	3,456	114	1,792
90	3,420	115	1,762
91	3,301	116	1,715
92	3,198	117	1,670
93	3,111	118	1,618
94	3,030	119	1,579
95	2,934	120	1,539
96	2,848	121	1,519
97	2,780	122	1,470
98	2,744	123	1,438
99	2,610	124	1,399
100	2,536	125	1,363

$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{k}\Omega$
126	1,326	154	0,719
127	1,296	156	0,684
128	1,265	158	0,661
129	1,237	160	0,633
130	1,209	162	0,607
131	1,182	164	0,587
132	1,152	166	0,569
133	1,130	168	0,541
134	1,103	170	0,522
135	1,078	172	0,502
136	1,053	174	0,482
137	1,034	176	0,464
138	1,008	178	0,448
139	0,985	180	0,432
140	0,957	182	0,416
141	0,930	184	0,403
142	0,912	186	0,391
143	0,894	188	0,376
144	0,877	190	0,358
145	0,851	192	0,351
146	0,836	194	0,342
147	0,816	196	0,326
148	0,798	198	0,317
149	0,781	200	0,306
150	0,763	202	0,292
152	0,768	204	0,286



1,06 Doba náběhu termistorového čidla.

Přesné proměření doby náběhu nebylo možno provést, protože registrační přístroj neměl požadovanou rychlost, ani citlivost.

Pokusil jsem se provést měření pomocí osciloskopu. Pro měření na osciloskopu je nutno přerušovat tepelný tok. Termistor má  vůči elektronkovým snímačům infračerveného záření velkou tepelnou setrvačnost, takže není schopen zaznamenat rychlé přerušování tepelného toku rotující clonou. Tyto přerušované impulsy by mohl osciloskop vyhodnotit, což pro shora uvedený důvod nebylo možné.

Jiný způsob, jak tuto dobu náběhu změřit na osciloskopu, by bylo nafilmování svislého posunu světelného bodu na obrazovce osciloskopu speciální kamerou, jejíž film se pohybuje nepřerušovaně kolmo na pohyb bodu. Tím bychom na filmu dostali žádanou křivku. Přerušování tepelného toku v tomto případě odpadá. Jelikož kamera tohoto typu v době vypracovávání diplomní práce nebyla k dispozici, nebylo možno toto jediné přesné měření provést.

Podle zkušeností získaných při proměřování termistoru, byla doba náběhu vždy menší než 1 sec., což pro náš účel vyhovuje.

1,07 Zapojení termistoru pro měření teploty.

Termistor jako universální teploměr je nutno provést tak, aby byl zapojen do jedné větve vyváženého Wheastonova můstku. Teplota tkaniny, kterou budeme měřit ve fixačním rámu, bude o něco menší / podle předpokladu asi o  $2^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$  /, než teplota vyhřívacího vzduchu. Budeme měřit vlastně pokles teploty. V případě laboratorního měření budeme ale měřit vzestup teploty. Můstek je možno vyvážit na teplotu okolí, nebo lépe řečeno, dát můstku určitou oblast, ve které se bude pohybovat měřená teplota. Většina termistorových universálních teploměrů má několik rozsahů, které lze přepínat. K tomuto řešení je nutný zesilovač a případně vhodný a velice rychle reagující, zapisovací přístroj. Protože návržení a zkonstruování zesilovače a vhodné zapojení obvodů pro rozsahy můstku přesahuje rámec této diplomní práce, nebylo tohoto způsobu použito. Pro provozní měření by bylo toto řešení nutné. Pro laboratorní vyzkoušení je však možno použít přímo měřícího můstku METRA - MLG s externím ocejchovaným galvanometrem. Ocejchování se provádělo pomocí cejchovní křivky, znázorněné na grafu č. 1.

/L1/

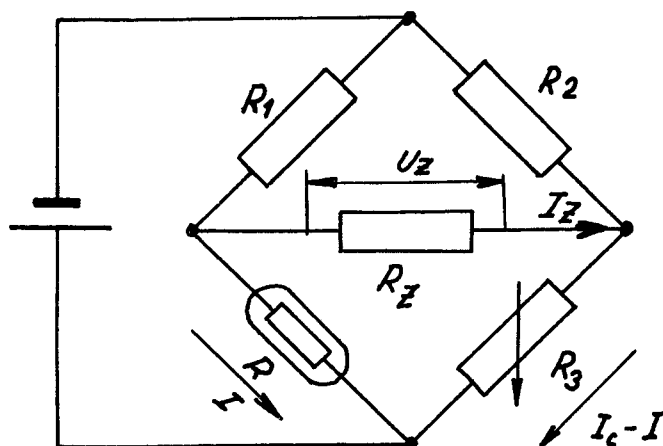
/L2/

/L3/

1,08 Měřicí můstek s termistorem .

Termistor, jak již bylo uvedeno, se řadí do jedné z větví Wheastnova můstku.

Zapojení termistoru



obr. 3

$R$  - odpor termistoru při jistém proudu  $I$ .

$R_Z$  - odpor můstkové zátěže .

$I_C$  - proud tekoucí můstkem .

$I_Z$  - proud tekoucí zátěží / měřidlem /.

$I$  - proud tekoucí termistorem .



Proud  $I_z$  tekoucí zátěží  $R_z$  vyhovuje obecnému vztahu.

$$I_z = I_c \cdot \frac{R_1 R_3 - R_2 R}{R_2 (R_1 + R_2 + R_3 + R) + (R_1 + R) \cdot (R_2 + R_3)} \quad (7)$$

Je-li můstek vyrovnan, tedy je-li  $R_2 = R_1$  a  $R_3 = R$  je  $I_z = 0$ . Vzroste-li teplota prostředí, které obklopuje termistor, poklesne odpor termistoru  $R$  o  $\Delta R$ .

Potom se vztah (7) změní na :

$$I_z = I_c \cdot \frac{R_1 R - R(R - \Delta R)}{R_2 (R_1 + R_2 + R_3 + R - \Delta R) + (R_1 + R - \Delta R)(R_1 + R)} \quad (8)$$

Protože je  $\Delta R \ll / R_1 + R /$  a  $I_c \doteq 2 I$ , poněvadž je můstek vzhledem k napájecímu zdroji symetrický, je proud tekoucí zátěží roven :

$$I_z = 2I \cdot \Delta R \cdot \frac{R_1}{2 R_2 (R_1 + R) + (R_1 + R)^2} \quad (9)$$

V našem případě zátěž můstku tvoří přímo měřicí přístroj. Vhodný přístroj je v tomto případě METRA - DHR 8 -  $100 \mu A$  -  $1200 \Omega$ .

Pro napětí zátěže platí :

$$U_z = I_z \cdot R_z = 2I \cdot \Delta R \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \quad (10)$$

1,09 Provedení vlastního čidla .

Ocejchovaný termistor s připojeným vedením byl přilepen zvláštním rychle schnoucím, novodurovým lakem na ocelový drát. Ocelový drát bude upevněn v měřicím zařízení . Jeho tvar prohnutí je volen tak, aby ztráty tepla při přechodu tepla do čidla, nebo naopak, byly co nejmenší. Činná část čidla jde vodorovně nad tkaninou. Perlička termistoru je na samém konci mírně zahnutého drátu směrem ke tkanině. Perlička není vůbec pokryta lakem, takže se nemění její vlastnosti, které byly již popsány ve stati 1,03. Čidlo bylo znovu odzkoušeno. Jeho teplotní charakteristika se nezměnila. Cejchovní křivka odpovídá cejchovní křivce termistoru, před zabudováním do čidla. Doba náběhu je velmi malá a odpovídá našim potřebám. Osvědčil-li se toto čidlo, bude zapotřebí nahradit novodurový lak lakem ohnivzdorným. K dosažení izolace vodičů termistoru od nosného ocelového drátu bylo postupováno takto :

ocelový drát byl pokryt lakem, který vytvořil izolační vrstvičku. Do vrstvy již skoro tvrdé byly vtisknuty nalakované vodiče termistoru .

cca 1 sec

Vodiče termistoru byly nalakovány tak, aby nedošlo k nalakování perličky. Došlo k dobrému upevnění termistoru na nosném drátu. Potom byl celek ještě přelakován, tak, aby lak perličku nezasáhl. Bylo dosaženo dobré izolace. Osvědčení tohoto čidla ukáže delší používání na měřícím zařízení.

2,00 Možnosti provedení měřícího zařízení.

Změřit teplotu tkaniny dotykovým způsobem, lze několika způsoby. Při navrhování je nutno postupovat tak, aby zařízení mohlo sloužit univerzálně, bylo jednoduché a tudíž i málo poruchové. Existují dva základní směry jak při tomto měření postupovat:

1. Čidlo stojí a tkanina se pohybuje.
2. Čidlo se pohybuje s tkaninou zároveň.

V prvním případě, kdy čidlo stojí a tkanina se pohybuje, hraje velkou roli tření vzniklé přitlakem čidla na tkaninu. Velikost tření a tím i přírůstek teploty na čidle ovlivňuje velikost přitlačné síly, plocha čidla, koeficient tření mezi čidlem a tkaninou a rychlost pohybující se tkaniny. Tento teploměr má velkou výhodu v jednoduchosti a tím i prakticky bezporuchovém provozu. Jeho nevýhodou je, že ukazuje průměrnou

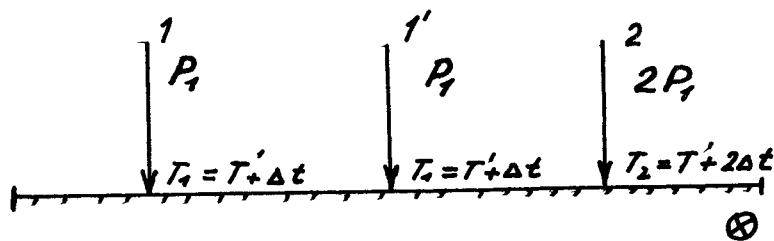
teplotu, protože každé dotykové čidlo má jistou tepelnou setrvačnost. Tato tepelná setrvačnost se nedá odstranit, protože se musí čidlo ohřát / ochladit / o měřený předmět. / Jedině bezdotyková elektronková čidla nemají tepelnou setrvačnost/.

Podle dostupných zpráv se zabýval tímto problemem Výzkumný ústav zušlechťovací ve Dvoře Králové. Přes velký výzkum nebylo dosaženo uspokojivých výsledků.

### 2,01 Vymezení vlivu tření.

Jak vymezit tření vzniklé pohybem tkaniny / a tím i přírůstek teploty / po čidle, skýtá toto řešení :

místo jednoho čidla, použijeme 3 přesně stejná čidla, z nichž 2 budou přitlačována silou  $P$  a 3. silou  $2P$ .



$$P' = P \cdot f \Rightarrow \Delta t$$

$$2P' = 2P \cdot f \Rightarrow 2\Delta t$$

$$\underline{2\Delta t - \Delta t = \Delta t}$$

Vymezení vlivu tření

obr.4

obr.4