

Návrh struktury snímače pro systém
řízení vulkanizačního stroje z pohledu
ekonomické nenáročnosti

Rudolf Klačánek

Bakalářská práce

2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání bakalářské práce

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Bakalářská práce se zabývá návrhem teplotního snímače třídy přesnosti B do vulkanizačního stroje. Na vulkanizačním stroji se používají senzory třídy přesnosti A. Jestliže změníme všechny PT100 snímače třídy A za B, náklady pro vybavení budou nižší. Cílem je úspora financí firmy Barum a. s.

Bylo navrženo použití snímače třídy přesnosti B, který bude dosahovat podobných výsledků jako snímač třídy přesnosti A. Velice důležité jsou požadavky na měření teploty, na přesnost a čas reakce.

Navržený snímač byl změřen ve speciálních laboratořích. Jeho ověření bylo prováděno na vulkanizačním lisu.

Abstrakt ve světovém jazyce

Bachelor's thesis deals with the proposal of thermal PT100 sensor with accuracy class B for vulcanizing machine. Sensor with accuracy class A is used in the vulcanizing machines. If we replace all the PT 100 sensors with accuracy class B with accuracy class A, the equipment costs will decrease. The aim of this replacement is to save the costs of Barum Ltd.

It has proposed to use the thermal sensor with accuracy class B, because by using it we can achieve comparable results like by using the thermal sensor with accuracy class B. Very important things to be considered are: temperature measurement, accuracy and response time.

The proposed sensor has been tested in specialized laboratories. Its verification has been carried out in a vulcanization press.

Poděkování

Na tomto místě bych rád chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu ing. Bronislavu Chramcovovi za jeho obětavý přístup k problémům s nimiž jsem ho po dobu práce mnohokrát seznamoval.

Poděkování patří také odborným pracovníkům pracujících na lisovně ve firmě Barum.

Dále bych rád poděkoval panu technologovi ing. Janu Šmatlovi za odbornou pomoc a čas strávený při uvedení do stávající problematiky.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně dne 10 . června 2005

.....

podpis bakaláře

OBSAH

OBSAH.....	5
ÚVOD	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	8
1 ZÁKLADNÍ POJMY Z HLEDISKA MĚŘENÍ TEPLoty	
ODPOROVÝMI SNÍMAČI	9
1.1 MĚŘENÍ TEPLoty ČIDLY A SNÍMAČI	9
1.1.1 Základní vlastnosti snímačů	9
1.1.2 Rozdělení snímačů	10
1.1.3 Popis odporového teplotního snímače - plastikářského	12
1.1.4 Základní vlastnosti čidel	13
1.1.5 Rozdělení kovových čidel	14
1.1.6 Charakteristika čidla PT100	16
1.2 CHYBY PŘI MĚŘENÍ.....	17
1.3 NEJISTOTA MĚŘENÍ.....	18
2 MĚŘENÍ V METROLOGICKÝCH LABORATOŘÍCH	20
2.1.1 Metrologické pokyny	20
2.1.2 Kalibrační listy:	20
2.1.3 Kalibrační značky:	21
2.1.4 Kalibrace a ověřování odporových snímačů teploty	21
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	22
3 VÝPOČET CENY SNÍMAČŮ.....	23
3.1 MINIMALIZACE NÁKLADŮ PŘI KOUPI SNÍMAČE TŘÍDY PŘESNOSTI B	23
3.1.1 Celkový počet snímačů	23
3.1.2 Typy teplotních snímačů na vulkanizačním stroji	24
3.1.3 Zjištění a vypočítání ceny snímačů	24
4 MĚŘENÍ A KALIBRACE SNÍMAČE	28
4.1 POPIS KALIBRAČNÍHO PŘÍSTROJE CTC650A.....	28
4.1.1 Měření snímačů třídy přesnosti B	33
4.1.2 Výsledky měření	36
5 MĚŘENÍ A KALIBROVÁNÍ ČIDEL PT100 ZA ÚČELEM	
NALEZENÍ NEJVHODNĚJŠÍHO VLÁKNA	38
5.1 MĚŘENÍ A KALIBRACE ČIDEL	38
5.1.1 Výsledek a hodnocení měření	40
5.2 SESTAVENÍ MODELU V PROGRAMU EXCEL	40
5.2.1 Nejistoty při měření regulátorem	41
5.2.2 Podmínky pro použití snímače.....	42
5.2.3 Třídy přesnosti PT100 senzorů	45
6 OVĚŘENÍ ZKALIBROVANÉHO SNÍMAČE	48
6.1 OVĚŘENÍ A MĚŘENÍ ZKALIBROVANÉHO SNÍMAČE NA LABORATORNÍM LISU	48

6.1.1	Měření na laboratorním lisu	48
6.1.2	Hodnocení výsledku měření na laboratorním lisu	50
6.2	OVĚŘENÍ ZKALIBROVANÉHO SNÍMAČE NA VULKANIZAČNÍM LISU V PROVOZU	50
6.2.1	Popis formy na vulkanizačním lisu	50
6.2.2	Měření v provozu	52
6.2.3	Hodnocení výsledku měření.....	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		56
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		57
SEZNAM TABULEK		58
SEZNAM PŘÍLOH		59

ÚVOD

Snímače a senzory měří různé druhy veličin např. tlak, teplotu aj. Používají se v průmyslových oblastech již několik let. Existuje hodně druhů senzorů a snímačů. Některé jsou vyráběny pro speciální účely. Jejich význam stále roste a jejich výroba bouřlivě vzrůstá.

Vznikají nové technologie, které se bez senzorů neobejdou. Důležitými příčinami prudkého rozvoje snímačů jsou výborné vlastnosti materiálu použitého k jejich výrobě, odolnost, ekonomická stránka, snadná instalace a vysoká přesnost při měření veličin. Jejich používání vede ke zvýšení nezávadnosti výrobků a ke snížení ztrát vadných výrobků.

Pneumatiky patří v současnosti mezi výrobky, které vyžadují co nejlepší kvalitu. Zvláště zásluhou teplotních snímačů, které hlídají teplotu při jejich výrobě se kvalita těchto výrobků zvyšuje. Náhradou teplotních snímačů typu A a za typ B dojde k úspoře financí. Jedná se o částky desetitisíce korun. Při velkém množství snímačů lze ušetřit dokonce sumy šplhající až ke statisícům korun. Ušetřené peníze může firma investovat do technologií, které povedou ke zdokonalení výroby. Nové účinné technologie zpracování pneumatik umožňují podstatné snížení pracnosti a zvýšení produktivity práce.

Důležitá je i životnost snímače, která zaručuje dlouhou dobu používání v prostředí, kde se snímače využívají.

Předmětem této bakalářské práce je navrhnout teplotní snímač třídy přesnosti B, a tak nahradit dosavadně používaný snímač třídy přesnosti A na vulkanizačním lisu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY Z HLEDISKA MĚŘENÍ TEPLOTY ODPOROVÝMI SNÍMAČI

1.1 Měření teploty čidly a snímači

Čidla a snímače v současnosti pronikají do mnoha průmyslových odvětví a tempo jejich rozvoje se neustále zvyšuje. Je tomu tak především proto, že jejich měření je přesné. Dokážou měřit teplotu ve všech oblastech průmyslu. Bez nich by řada průmyslových procesů nemohla pracovat.

Při navrhování teplotního snímače je nutno vycházet z možností dané technologie, z vlastností použitého materiálu a představ o pracovní funkci snímače. Zpravidla se požaduje vysoká přesnost, teplotní odolnost, nízká hmotnost, dostatečná velikost aj. Základním požadavkem však často bývá, aby se výrobek za daných provozních podmínek neporušil, alespoň ne v době kratší než je požadovaná životnost.

Při jejich výrobě se používají různé kovy, které jsou obecně nejlepší pro vedení teploty. Dokáží odolat vysoké teplotní roztažnosti. U průmyslových snímačů teploty se používají zejména měděné, niklové a platinové vodiče. Platinové vodiče vykazují nejvyšší stabilitu a přesnost, proto jsou dnes nejvíce používány.

1.1.1 Základní vlastnosti snímačů

Snímače jsou moderní prostředky, umožňující vysoce přesné a rychlé měření teploty. Současný sortiment snímačů a teplotních čidel představuje širokou paletu od základních snímačů širokého použití až po speciální snímače s význačnými vlastnostmi. Je to zejména zvýšená odolnost vůči teplotě a zvýšená odolnost proti účinkům agresivních látek. Mají několik důležitých vlastností z nichž nejdůležitější je stabilita a otřesuvzdornost. Stabilita měřícího obvodu vyjadřuje dovolené kolísání hodnoty základního odporu při změně teploty. Udává, o kolik se změní odpor, když jej vystavíme maximální teplotě, pro kterou má být použit, a pak změříme, o kolik se změnil základní odpor při 0°C. Odchylku pak označujeme jako nestabilitu měřícího odporu. Dalším parametrem je otřesuvzdornost. Je to odolnost snímače vůči mechanickému chvění, které by mohlo mít za následek mechanické poškození měřícího odporu a tím by vneslo do měření nepřesnost.

1.1.2 Rozdělení snímačů

Snímače se dělí podle druhu měření na dotykové a bezdotykové.

Snímače pro dotykové měření se dělí na:

1. elektrické: dále se dělí na
 - odporové kovové
 - odporové snímače teploty
 - termoelektrické
 - polovodičové s PN přechodem (diodové, tranzistorové)
2. dilatační
3. tlakové
4. speciální

Snímače pro bezdotykové měření se dělí na:

1. monochromatické pyrometry
2. pásmové pyrometry
3. radiační pyrometry

Bakalářská práce se zabývá odporovým teplotním snímačem – plastikářským. Bude proto brán ohled na tento typ snímače.

Elektrické odporové kovové snímače teploty

Atomy krystalové mřížky kovu s rostoucí teplotou zvyšují amplitudu svých kmitů a kladou tak větší odpor průchodu elektronů. To je zjednodušená představa závislosti odporu kovů na teplotě, která je principem těchto senzorů. Závislost lze v rozsahu teplot 0 °C až 100 °C vyjádřit přibližným vztahem.

Změna elektrického odporu kovů v závislosti na teplotě je dána vztahem

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (1)$$

R	změna el.odporu
α	teplotní koeficient odporu($\alpha_{Pt} = 0,0039$; $\alpha_{Ni} = 0,0062$; $\alpha_{Cu} = 0,00426$)
Δt	změna teploty

Pro kovové senzory teploty se většinou využívá platina. Hlavně pro její chemickou netečnost, časovou stálost, vysokou teplotu tavení a také pro možnost dosažení vysoké čistoty (pohybuje se v rozmezí 99,9 až 99,999%). Kromě platiny je možnost setkat se též s niklem, mědí, molybdenem nebo některými slitinami.

Odporové snímače teploty s jímkou

Snímače jsou určeny k dálkovému měření teploty plyných i kapalných médií v energetice, v chemickém a petrochemickém průmyslu, v zařízeních pro rozvod zemního plynu, tepla, atd.

V závislosti na použité jímce lze tyto snímače použít v rozsahu provozních teplot cca (-200 až 600) °C a v rozsahu provozních tlak; od vakua až do cca 10 MPa.

Odporové snímače teploty bez jímky

Snímače jsou určeny k dálkovému měření teploty plyných i kapalných médií při nižších parametrech než snímače do jímky, nebo s jímkou.

V závislosti na materiálu stonku lze tyto snímače použít v rozsahu provozních teplot cca (-200 až 600) °C a v rozsahu provozních tlaků od vakua až do cca 1,6 MPa. Předností těchto snímačů je především rychlá reakce na změny teploty.

Odporové snímače teploty tyčové

Snímače jsou určeny k dálkovému měření teploty plyných i kapalných médií při přetlaku do 100 kPa. Tyto snímače, jejichž ochranná trubka přesuvnou upevňovací přírubou jsou určeny k montáži na stěnu pecí a dalších technologických zařízení.

V závislosti na materiálu ochranné trubky lze tyto snímače použít v rozsahu provozních teplot cca (-200 až 800) °C.

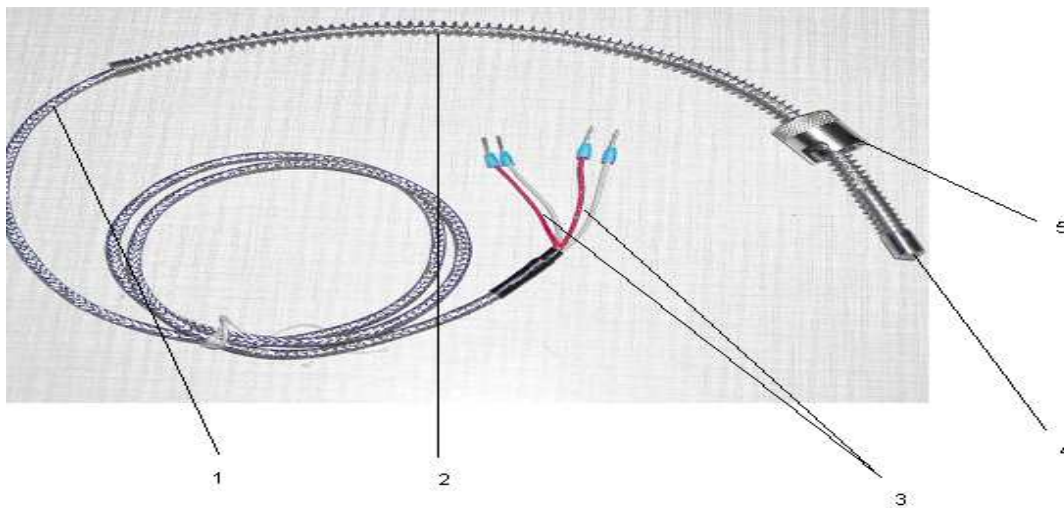
Odporové snímače teploty speciální

V posledních letech došlo v souvislosti se zaváděním řídicích systémů ke značnému rozšíření aplikací odporových snímačů teploty s převodníkem v hlavici snímače. Používají se dvou vodičové převodníky jednak s unifikovaným proudovým výstupním signálem (4 až 20) mA, jednak s jinými unifikovanými signály.

Převodníky jsou buď analogové, nebo digitální a dále v provedení bez galvanického oddělení, nebo s galvanickým oddělením, případně bez digitální komunikace a s komunikací.

Do této skupiny snímačů patří i zkoumaný odporový teplotní snímač – plastikářský.

1.1.3 Popis odporového teplotního snímače - plastikářského



Obr. 1. Odporový teplotní snímač

Popis označených částí:

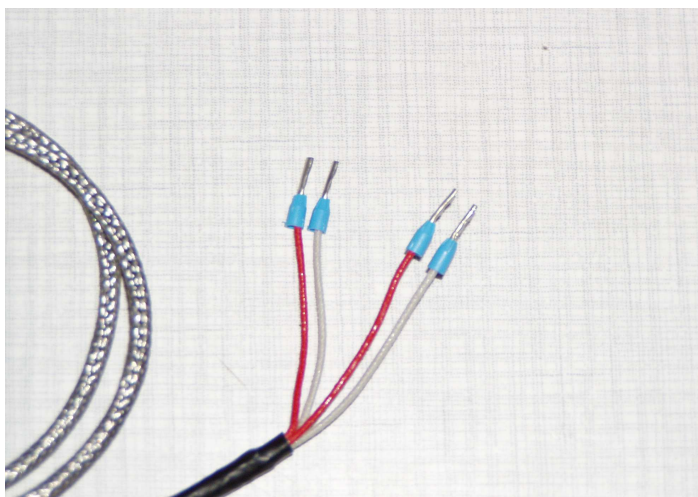
- 1 – kabel různé délky
- 2 – vinutí je zde z důvodu pružnosti

3 – dvojice PT100 = dvojice drátů rudý-bílý

4 – hlavička v níž jsou umístěna dvě PT100 čidla

5 – bajonet s dvěma zářezy

Vinutí musí být pružné. Při otevírání formy je snímač v pohybu. Kabel má ochrannou funkci. Čidlo s PT100 je dostatečně kabelem chráněno proti mechanickému poškození. Na kabelu je pohyblivá část, která se jmenuje bajonet. Zářezy na něm slouží k upevnění na formu.



Obr. 2. Dvojice PT100 čidel

1.1.4 Základní vlastnosti čidel

Čidla jsou měřicí odpory. Jejich vlastnosti lze popsat např. následujícími parametry:

R_0 - základní odpor - hodnota elektrického odporu čidla při teplotě 0 °C

R_{100} - hodnota elektrického odporu čidla při teplotě 100 °C

W_{100} - poměr odporů při 100 a 0 °C

Přitom platí vzorec:

$$W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0} \quad (2)$$

Důležitý parametr je α - **teplotní součinitel odporu** odporového materiálu čidla, platí přitom:

$$\alpha = \frac{(R_{100} - R_0)}{100 \cdot R_0} \quad (3)$$

Odporová čidla pro měření teploty v průmyslových podmínkách lze v zásadě rozdělit

na čidla vinutá z platinového, niklového, respektive měďného drátu a čidla vrstvomá, kde odporová vrstva je nejčastěji z Pt, nebo Ni. Základní parametry těchto obvykle užívaných čidel jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1)

Tab. 1. Základní parametry čidel

Materiál čidla	Základní odpor R_0 [Ω]	Poměr odporů W_{100}	Měřicí rozsah [$^{\circ}\text{C}$]
Pt	100	1,3850	-200 až 850
Ni	100	1,6180	-60 až 180 (250)
Cu	100	1,4260	-200 až 200

1.1.5 Rozdělení kovových čidel

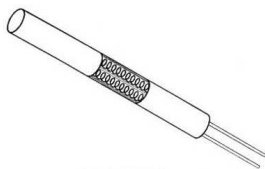
Čidla vinutá

vlastnosti vinutých čidel:

- spirálově stočený odporový drátek $\varnothing$ 0,01 až 0,05mm

- vinutí je uloženo v kapilárách válcových keramických nosných tělísek a navinuto na povrchu tělísek a přeskleno keramickým smaltem
- vyrábí se s odporem $R_0 = 100$ a 500Ω

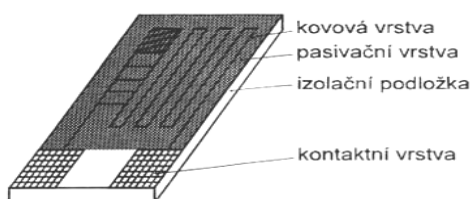
Konstrukce s vnějším vinutím obvykle zajišťuje větší odolnost proti působení vibrací, otřesům.



Obr. 3. Čidlo vinuté

Čidla vrstvá

- vinutí nahrazeno odporovou vrstvou z Pt, Ni nanesenou na nosné destičce (substrátu) z korundové keramiky
- k nanesení vrstvy slouží tlustovrstvá a tenkovrstvá technologie
- nanášení Pt vrstvy ve formě pasty na substrát sítotiskem
- tepelná stabilizace vrstvy
- široký sortiment hodnot $R_0 = 100/200/500/1000/2000, \dots W$



Obr. 4. Čidlo platinové

Vrstvová čidla umožňují často měření teploty tam, kde to dříve nebylo možné a v mnoha aplikacích nahrazují dosud používaná vinutá odporová čidla.

Teplotní odporový snímač – plastikářský má v sobě dvě platinové čidla s označením PT100.

Další odporová čidla

Mezi další odporová čidla teploty patří např. termistory a křemíková čidla teploty a výrobci je charakterizují např. hodnotou odporu při 25 ° C označovanou jako R_{25} .

Termistory jsou nelineární polovodičové snímače s velkým teplotním součinitelem odporu α . Používají se proto pro měření teploty, průtoku, ale i analýzu teplotního pole a pod.

Výzkum a vývoj dalších odporových čidel neustále pokračuje a bylo by chybou myslet si, že zde už nelze čekat nic nového.

1.1.6 Charakteristika čidla PT100

Na keramický substrát je napařena tenká vrstva platiny. Tato vrstva je fotolitograficky strukturována a pomocí laseru je odpor snímače přesně nastaven na jmenovitou hodnotu (PT100, PT500, PT1000).

Aktivní vrstva je pasivována izolační vrstvou, která chrání senzor proti vnějšímu chemickému a mechanickému poškození. Kapka fixující dva vývody dlouhé 10 mm je také z keramiky. Vývody jsou z pozlaceného niklu a jsou obdélníkového průřezu. Rozměr keramické destičky záleží na tom, zda jde o PT100 nebo o PT500 a PT1000. Standardně jsou k dispozici čidla ve třídách přesnosti A a B s přesností na 0,01 °C.

Základní technické parametry:

- Rozměr je 2,0x5,0x1,0 mm
- Napájecí napětí: + 9 až 24 V

- Proudový odběr: max. 100 mA
- Rozsah měření teploty: -230 °C až 1529 °C
- Rozsah měření teploty s čidlem PT100: -50 °C až 800 °C
- Chyba měření: ± 3 °C
- Regulace teploty nastavitelná v rozsahu: -230 °C až 1529 °C

Stabilitu čidel popisuje výrobce následovně:

Používáme-li tato čidla průběžně při 400°C po dobu 6000 hodin, je případná odchylka od normálu při 0°C do 0,008 W, tzn. maximálně 0,02°C. V praxi se jeví ideální (z hlediska linearity) pracovní rozsah od 0 °C do 400 °C pro třídu A a od 0 °C do 500 °C pro třídu B.

Výhody:

- vysoký teplotní rozsah měření
- nastavitelná velikost teploty pro regulaci.

Výstupní kontrola a třídění:

Výhodou popisovaných čidel je 100% výstupní kontrola. Výsledkem je jemné vytřídění čidel (s přesností na 0,01W) po 10-ti kusech do podskupin v rámci jednotlivých tříd přesnosti.

Všechny dodávané čidel odpovídají mezinárodním normám a standardům IEC, DIN a JIS. Konkrétně čidla PT100 vyhovují normě DIN IEC 751.

1.2 Chyby při měření

Při měření musí být vše zapojeno tak, jak je potřeba. Nevzniká tak možnost chyby. Chyba při měření může nastat, pokud by teplotní kalibrátor nedosahoval požadovanou teplotu. Je několik faktorů a chyb, které můžou ovlivnit měření a kalibraci snímače.

Mohou se vyskytnout při měření tyto chyby a vlivy

- hrubé chyby např. nastavení špatného offsetu což je požadovaná teplota
- vlivy vázané na použité přístroje, etalony a vybavení
- stabilita (časová specifikace) přístrojů
- dynamické chyby přístrojů
- izolační vlastnosti, případně ztráty na vodičích
- vlivy propojovacích konektorů, adapterů a dalších pomůcek
- vlivy okolního prostředí a jejich změny
- teplota, vibrace a rázy
- napájecí napětí, frekvence
- vlivy metody, ztráty, svodové proudy
- ostatní vlivy

1.3 Nejistota měření

Charakterizuje rozsah hodnot okolo výsledku, který lze zdůvodněně přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Nejistota se udává nebo stanoví nejen u výsledků měření, ale i u měřidel, použitých konstant, u korekcí apod.

Základem určování nejistot je statický přístup

Předpokládá se určité rozdělení pravděpodobností, které popisuje, jak se mohou naměřené hodnoty odchylovat od skutečné hodnoty, nebo jinak řečeno, pravděpodobnost s jakou se v intervalu daném nejistotou může nacházet skutečná hodnota.

Standardní nejistoty typu A

Jsou způsobovány náhodnými vlivy a stanoví se z opakovatelných měření stejné hodnoty za stále stejných podmínek statickým přístupem a označují se u_A . Nejistoty typu A se zmenšují se zvětšujícím se počtem opakovaných měření.

Standardní nejistoty typu B

Standardní nejistoty typu B se označují u_B . Standardní nejistoty typu B pocházejí od různých zdrojů a při určitém měření je výsledná standardní nejistota typu B dána odmocninou ze součtu kvadrátů nejistot mezi jednotlivými zdroji nejistot.

Protože se stanovení nejistot typu A a B provádí stejným přístupem je možné skládat nejistoty typu A i B. Sumací kvadrátů standardní nejistoty typu A a standardní typu B se dostane kvadrát kombinované nejistoty u . Hodnotí-li se výsledek měření kombinovanou standardní nejistotou pak se neuvádí jednotlivé nejistoty typu A a typu B.

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (4)$$

Kombinovaná standardní nejistota u

Udává interval rozsahu hodnot, ve kterém se s poměrně velkou pravděpodobností může vyskytnout skutečná hodnota.

Praxe však často žádá ještě větší pravděpodobnost, toho se dosáhne zvětšením intervalu. Proto se zavádí **rozšířená standardní nejistota U** . Rozšířená standardní nejistota má být vždy doprovázena i údajem o velikosti **$k \cdot u$** . Při udávání výsledku měření s rozšířenou nejistotou musí být též uvedena i velikost **$k \cdot u$** . Velikost **$k \cdot u$** se volí dvě až tři.

V poslední době se doporučuje volit **$k \cdot u = 2$** , tj. **$U = 2 \cdot u$** a to odpovídá pro normální rozdělení 95% a pro trojúhelníkové 96,6%.

2 MĚŘENÍ V METROLOGICKÝCH LABORATOŘÍCH

2.1.1 Metrologické pokyny

Metrologické pokyny vyplývají z normy ČSN 17025. Akreditace laboratoře, nebo jakýkoliv její protokol o zkoušce sám o sobě neznamena v žádném případě schválení výrobku orgánem udělujícím akreditaci, nebo jakýmkoliv jiným orgánem.

Žádný protokol o zkoušce ani jakákoliv jeho část nesmí být použita zákazníkem k propagačním nebo publikačním účelům, jestliže orgán udělující akreditaci považuje takové použití za matoucí. V žádném případě se protokol nesmí bez písemného souhlasu, jako orgánu udělujícího akreditaci, tak zkušební laboratoře reprodukovat jinak, než celý.

"Kalibrováno" Českou kalibrační službou "MSP-GLOBAL s.r.o., která je akreditována Českým institutem pro akreditaci".

Každý měřicí přístroj musí splňovat podmínky kalibrační listu. Po zkalibrování je na přístroj umístěna kalibrační značka. Pomocí několika odstavců popíšu kalibrační listy.

2.1.2 Kalibrační listy:

Na kalibračních listech vydaných kalibrační laboratoří není uvedena doba platnosti kalibrace, pokud to zákazník vysloveně nepožaduje.

Pro kalibrační listy platí tyto dokumenty:

EAL R-1 - požadavky týkající se kalibračních listů vydávaných akreditovanými kalibračními laboratořemi.

EAL R-2 - metodika vyjadřování nejistot při měření při kalibracích.

Kalibrační list smí obsahovat prohlášení o shodě ve vztahu k metrologickým aspektům specifikace (shoda s národní nebo mezinárodní normou nebo s dokumentem, odsouhlaseným akreditačním orgánem: vyhovuje/nevyhovuje dle....)

Dobu platnosti kalibrace si nadále musí stanovit uživatel měřidla sám ve smyslu ustanovení Zákona č. 119/2000 Sb. o metrologii.

Metodika pro stanovení periody kalibrace je dobře popsána v ČSN ISO 10012.

2.1.3 Kalibrační značky:

Z výše uvedených důvodů opatří laboratoř měřidlo kalibrační značkou s uvedením data kalibrace. Pokud zákazník sdělí písemně svůj požadavek na konkrétní lhůtu kalibrace, může opatřit laboratoř měřidlo štítkem s uvedením platnosti kalibrace.

2.1.4 Kalibrace a ověřování odporových snímačů teploty

Odporové snímače teploty - stanovená měřidla je nutné před jejich prvním uvedením do provozu a po úředně stanovené době platnosti jejich ověření znovu (následně, opakovaně) ověřit.

U většiny ostatních již používaných, nebo nových odporových snímačů teploty, lze přesnost měření zvýšit jejich kalibrací.

Odporové snímače teploty - nestanovená měřidla se obvykle dají zkalibrovat metodami obdobnými s ověřovacími postupy. Je však nutné upozornit na to, že ne všechny odporové snímače teploty jsou ke kalibraci vhodné.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VÝPOČET CENY SNÍMAČŮ

3.1 Minimalizace nákladů při koupi snímače třídy přesnosti B

Práce se zabývá návrhem teplotního snímače do vulkanizačního stroje za účelem ušetření nákladů firmy Barum, která nakupuje teplotní snímače od různých firem. Teplotní snímač se používá pro měření teploty na vulkanizačním stroji. Zkráceně se mu říká lis na pneumatiky. Jedná se o automatické stroje značky Krupp.

Každý lis má desítky snímačů a senzorů. Jsou to snímače polohy, tlaku a teploty, objemu membrány atd. Všechny tyto součástky vyrábějí firmy po celé naší republice. Některé jsou dováženy z Německa a Rakouska a několik i ze Slovenské republiky. Řadu z nich si vyrábí firma Barum sama.

Součástky ze zahraničí jsou dražší než součástky od českých firem. Firma proto hledá nové kontakty po celé střední Evropě. Spíše se snaží využívat české zdroje. Hlavní důvod je ten, že jsou levnější. České firmy vyrábějící potřebné součástky do provozu pro firmu Barum mají po celý rok poptávky. Jednotlivé snímače mají omezenou životnost a musí se po určité době vyměňovat.

3.1.1 Celkový počet snímačů

Všechny vulkanizační stroje jsou rozmístěny v provozu na místě zvaném lisovna. Na ní je umístěno 286 lisů. V každém lisu jsou umístěny dvě formy. V každé formě je vyvrtán otvor, kde se upevní teplotní snímač s čidlem PT100. Je zapotřebí 572 snímačů v provozu a minimálně 300 snímačů musí být na údržbě ve skladu. Dalších 500 je umístěno v kalibračních zařízeních. Je tedy v celé firmě potřeba cca 1 400 odporových teplotních snímačů. Všechny mají svou životnost. V provozu platí pravidlo: „Dokud správně měří teplotní snímač, tak se používá.“ Jsou prováděny kontroly snímačů v průběhu roku.

Pro lepší přehled:

- 572 kusů snímačů v provozu
- 300 kusů snímačů musí být na údržbě ve skladu(rezervy)
- 500 kusů snímačů v kalibračních zařízeních

Celkem : cca 1400 kusů ve firmě

3.1.2 Typy teplotních snímačů na vulkanizačním stroji

Teplotní snímače jsou rozlišeny podle délky ponoru a podle délky kabelu. Kabel se zapojuje do modulové karty. Ve firmě se používají tři typy vulkanických lisů značky Krupp.

- První typ používá snímač s ponorem 63 mm a délkou kabelu 2,5 metrů.
- Druhý typ používá snímač s ponorem 63 mm a délkou kabelu 4 metrů.
- Třetí typ používá snímač s ponorem 80 mm a délkou kabelu 2,5 metrů.

Je nutné koupit vhodné snímače pro všechny typy vulkanizačních strojů.

3.1.3 Zjištění a vypočítání ceny snímačů

Byl zjišťován hlavní dodavatel teplotních snímačů pro firmu Barum. Je to firma Energo Nova.

Vyrábí speciální teplotní odporové snímače s přesností A a B pro firmu Barum. Byla zjištěna cena snímačů u firmy Energo Nova. Zástupci firmy odkazují zákazníky na jejich webové stránky. Na webových stránkách firmy Energo Nova je ceník V něm jsou vyčísleny všechny snímače.

Cena v tabulce (Tab. 2) platí pouze pro snímače s přesností A. Pro snímače typu B je tato cena o 30 až 40 % levnější. Bylo zjištěno, kolik stojí odporový teplotní snímač třídy přesnosti B. Cena je 970 Kč. Tento typ snímače je dodáván firmě Barum po 50 kusech každý měsíc. Někdy si firma Barum vyžádá i dvojnásobné množství. Jelikož si firma Barum nechá posílat čidla po 50 kusech od firmy Energo Nova, dostává slevu 5 %.

Ceny teplotních snímačů speciálních (plastikářský) od firmy Energo Nova

Tab. 2. Třída přesností snímače typu A

Délka vodiče	Ponor	Cena v Kč
2,5 m	63 mm	1380,-
	80 mm	1400,-
	100 mm	1430,-
	120 mm	1460,-
4,0 m	63 mm	1410,-
	80 mm	1440,-
	100 mm	1470,-
	120 mm	1490,-
6,3 m	63 mm	1480,-
	80 mm	1500,-
	100 mm	1520,-
	120 mm	1540,-

Tab. 3. Třída přesností snímače typu B

Délka vodiče	Ponor	Cena v Kč
2,5 m	63 mm	970,-
	80 mm	980,-
	100 mm	1000,-
	120 mm	1020,-
4,0 m	63 mm	987,-
	80 mm	1010,-
	100 mm	1030,-
	120 mm	1040,-
6,3 m	63 mm	1036,-
	80 mm	1050,-
	100 mm	1070,-
	120 mm	1070,-

Cena snímačů typu B je vypočítána z ceny snímačů třídy přesnosti A. Typ B je o 30 % levnější než typ A. Ceny snímačů třídy přesnosti B jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3).

Bude počítáno pouze se snímači s délkou kabelu 2,5 m a 4 m. S ponorem 63 a 80 mm. Ostatní míry snímačů nejsou důležité. Všechny ceny jsou vypočítány v tabulkách (Tab. 4) a (Tab. 5).

Tab. 4. Vyhodnocení ceny snímačů s ponorem 63 mm

Třída přesnosti snímače	A	B	Rozdíl ceny (A-B)	A	B	Rozdíl ceny (A-B)
Délka ponoru [mm]	63		-	63		-
Délka vodiče [m]	2,5		-	4		-
Cena [Kč]	1380,-	970,-	410,-	1410,-	990,-	420,-
Cena 50 kusů [Kč]	69000,-	48500,-	21000,-	70500,-	49500,-	21000,-
s 5 % slevou [Kč]	65550,-	46075,-	19475,-	66975,-	47025,-	19550,-

Výsledky : Při nákupu 1 snímače typu B ušetří firma 410 Kč.

Při nákupu 50 snímače typu B ušetří firma 21 000 Kč.

Při nároku na 5 % slevou ušetří 19 475 Kč.

Tab. 5. Vyhodnocení ceny snímačů s ponorem 80 mm

Třída přesnosti snímače	A	B	Rozdíl ceny (A-B)	A	B	Rozdíl ceny (A-B)
Délka ponoru[mm]	80		-	80		-
Délka vodiče [m]	2,5		-	4		-
Cena [Kč]	1400,-	980,-	420,-	1440,-	1010,-	430,-
Cena 50 kusů [Kč]	70000,-	49000,-	21000,-	72000,-	50500,-	21500,-
s 5 % slevou [Kč]	66500,-	46550,-	19950,-	68400,-	47975,-	20425,-

Výsledky : Při nákupu 1 snímače typu B ušetří firma 420 Kč.

Při nákupu 50 snímače typu B ušetří firma 21 000 Kč.

Při nároku na 5 % slevou ušetří 19 550 Kč.

Vyhodnocení ceny:

Pomocí jednoduché trojčlenky nebo kalkulačky se dá vypočítat, kolik by firma ušetřila při nákupu 1400 teplotních snímačů typu B. Výsledek je cca 560 000 Kč. Firma ušetří dosti velké peníze za náklady těchto snímačů. Počet 1400 kusů snímačů je brán jako celkový počet snímačů ve firmě.

Cena 560 000 Kč není pro firmu velké množství peněz. Každý rok musí firma Barum vynaložit částky v milionech korun za nákupy materiálu a strojů, ze elektrickou a tepelnou energii, za odpad atd.

Nicméně každé ušetření je důležité. Takové opatření prospěje každé firmě.

Ve firmě se používají teplotní snímače se dvěma PT100 senzory. Jeden je zapnutý. Druhý slouží jako rezerva. Když bude špatný jeden PT senzor, zapojí se druhý. Firma ušetří peníze při koupi snímače s dvěma PT čidly.

Výsledky výpočtů ceny snímačů byly konzultovány s lidmi, kteří mají na starosti nákup teplotních snímačů ve firmě Barum.

4 MĚŘENÍ A KALIBRACE SNÍMAČE

4.1 Popis kalibračního přístroje CTC650A

Měření bylo prováděno na kalibrátoru s označením CTC650A

Model CTC650A mezi tzv. CTC kalibrátory. Jsou to tzv. kompaktní teplotní kalibrátory.

Výhody:

- rychlé, jednoduše ovladatelné
- spolehlivé a vysoce přesně kalibrují teplotu
- jednoduše ovladatelné
- přenosné, vysoce praktické
- možnost nastavení kalibrace z klávesnice

Pomocí kalibrátorů se měří:

- termoelektrické články
- různé druhy teplotních snímačů
- termočláňkové přístroje
- regulátory teploty
- odporové teploměry

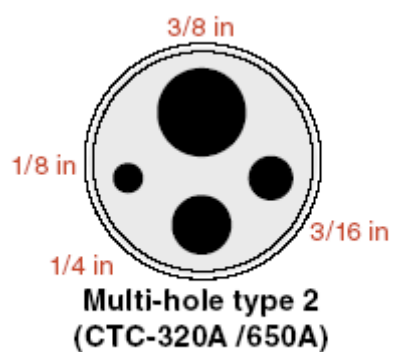
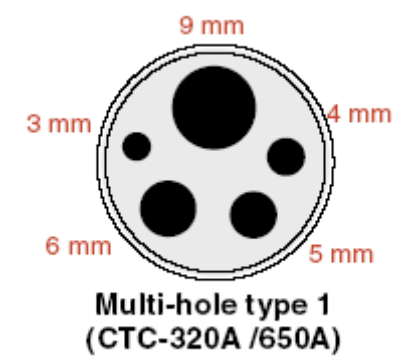
Měřicí přístroj tvoří :

- CTC blok (termostat, pouzdro s 6 až 8 trubkami, jímka)
- MVI – stabilizační schéma
- kalibrační software JOFRACAL
- RS232 komunikační rozhraní
- LCD – displejový panel – snadno čitelný

Kalibrační přístroj má různé trubky a patrony. Je možné použít různé trubky pro určité patrony. Jednotlivé trubky se liší průměrem. Mikroprocesor kontroluje přesností a stabilitou. Celý přístroj je v hliníkové přepravní skříni i s uskladňujícím prostorem pro trubky. Tento prostor se nazývá zásobník.



Obr. 5. Otvor do něhož se vkládá patrona



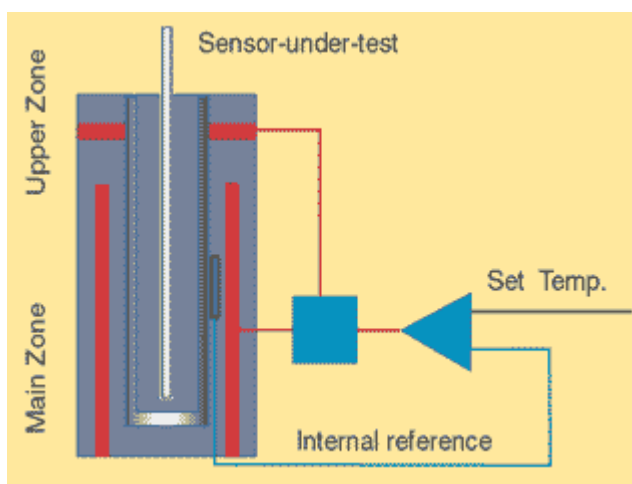
Obr. 6. Patrona do nichž se vkládá snímač

Nastavení teploty

Všechny přístroje mají rychlé nastavení teploty. Teplota 320 °C/608°F se nastaví za cca 4 minuty a 650 °C se nastaví za cca 12 minuty.

Vytápění přístroje

Topný blok neboli vnitřní část kalibrátoru je optimalizován pro přesnost dvojného-zónového topného bloku. Centrální-kontrola tohoto typu topného bloku je vybudována ve dvou zónách. Hlavní zóna (nižší zóna) zabezpečuje optimum odvádění tepla skrz celý blok. Horní zóna nahradí tepelné ztráty z vrchu z bloku a ze senzoru tím je optimalizovaná stejnorodost v bloku. Vytápění je uvedeno na obrázku (Obr.7).



Obr. 7. Vytápění kalibračního přístroje

Kromě modelu CTC650A se využívají jiné kalibrační přístroje. Jejich popis je vidět v tabulce (Tab. 6).

Tab. 6. Základní parametry kalibračních přístrojů

Specifikace kalibrátorů typu CTC					
typ	CTC140A	CTC320A	CTC650A	CTC320B	CTC650B
min. teplota	-17°C / -1°F	33°C / 91°F	33°C / 91°F	33°C / 122°F	33°C / 122°F
max. teplota	140°C / 284°F	320°C / 608°F	650°C / 1202°F	320°C / 608°F	650°C / 1202°F
doba vytápění	15 min.	4 min.	10 min.	20 min.	39 min.
odchylka	0.4°C / 0.7°F	0.5°C / 0.9°F	0.9°C / 1.6°F	0.5°C / 0.9°F	0.6°C / 1.1°F
stabilita	0.05°C / 0.09°F	0.1°C / 0.18°F	0.1°C / 0.18°F	0.1°C / 0.18°F	0.05°C / 0.09°F
délka ponoru/ hloubka	115 mm / 4.5 in.	110 mm / 4.3 in.	110 mm / 4.3 in.	190 mm / 7.5 in.	190 mm / 7.5 in.
max. průměr patron	19 mm / 3/4 in.	26 mm / 1 in.	26 mm / 1 in.	26 mm / 1 in.	26 mm / 1 in.

Kromě modelu CTC650A jsou využívány i jiné kalibrační přístroje.

Např. model CTC320A a CTC140A. Je možné zakoupit tyto typy přístrojů i s třídou přesnosti B. Ty samozřejmě nejsou tak přesné, ale levnější než typy s třídou přesnosti A



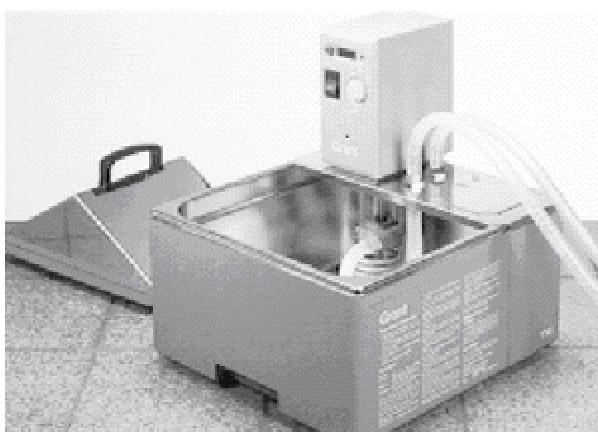
Obr. 8. Kalibrátor a snímač



Obr. 9. Kompletní měřicí aparatura

Měření kapalnými lázněmi

Model CTC650A má velice dobré výsledky při měření teploty. Dříve se snímače a čidla měřily v tzv. kapalných lázních. Jako kapaliny se používali různé druhy olejů. Neposkytovaly velký rozsah teplot. Měření teploty v lázních není tak přesné jako u kalibrátorů.



Obr. 10. Kapalně lázně

Měření veškerých snímačů se provádí v meteorologických stanicích. Tyto stanice pracují jako samostatné subjekty nebo je má firma pod sebou. Ve společnosti Barum Continental je hned několik takových pracovišť. Jsou rozděleny podle toho, co se v nich měří. Stanice podléhají určitým pravidlům či řádům. V těchto laboratořích měří pouze technologové a pracovníci, kteří mají na starost výstupní kontrolu výrobků, které jdou pak do provozu. Způsob měření v laboratořích je určený podle norem ČSN 17025.

4.1.1 Měření snímačů třídy přesnosti B

Měření bylo prováděno v laboratoři, kde se měří teplota. K měření bylo potřeba hned několik pomůcek.

Pracovní pomůcky:

- pracovní notebook
- teplotní snímač s dvěma PT100 třídy B
- teplotní kalibrátor
- digitální ampérmetr
- zařízení na propojení snímačů termostatů/možnost

Je důležité aby kabely byly pevně propojeny.

Postup při měření

Nejprve je změřen odpor čtyř žilného čidla. Musí platit, že dva a dva mají stejný odpor. V praxi tomu odpovídá dvě dvojice rudých a bílých drátů. Dvojice je pak propojena kabelem. Hlavička každého snímače má dvě teplotní čidla PT100. Jsou měřena obě čidla zároveň. Měření je prováděno na teplotním kalibrátoru. Jde o kalibrátor od firmy Teatra a.s. Model CTC650A.

Nastavení kalibračního přístroje

Nastavení je velmi jednoduché. Pomocí tlačítek SET, UP, DOWN, PLAY, STOP je nastavena na panelu přístroje teplota.

Kalibrátor má v sobě zásobník s tzv. patrony. Všechny patrony mají stejnou délku. Liší pouze v tom, že každá má jiný průřez. Každá se totiž používá pro jiný snímač. Patrona se vloží do otvoru, který je na povrchu přístroje. Konec čidla je vložen do patrony. Je potřeba aby čidlo lehce do ní vklouzlo. Na panelu přístroje se nastaví výchozí teplota. Teplota je nastavena na hodnotu 160 °C. Je třeba počkat asi dvě minuty, než se teplota ustálí na požadovanou hodnotu.

Popis programu pro měření senzorů a kalibrace senzorů

Na notebooku se spustí speciální program pro měření teplot. Program se jmenuje Thermo. Je to čistě interní firemní program, který byl navržen programátory v Německu.

Mohou ho používat jen lidé k tomu pověřeni. Program používají všechny firmy, které patří pod společnost Continental. Používá ho tedy i firma Barum. Jedná se o podobný program jako je např. WebControl, který je používán na škole v předmětu Teorie automatického řízení 2.

Existují i jiné podobné programy, které jsou volně ke stažení na internetu. Jedná se např. o QD3 a AmeCal-Temperature.

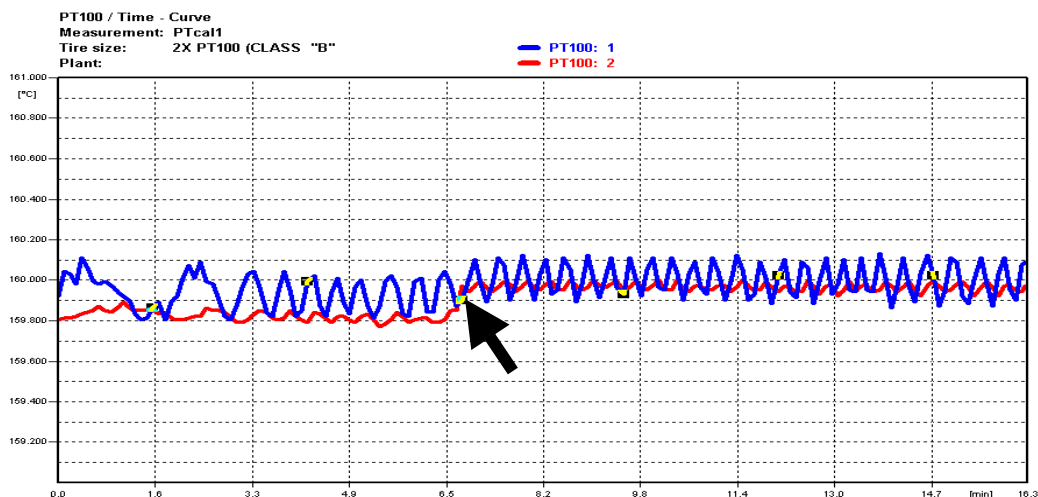
Budou provedena dvě měření a kalibrování dvou teplotních snímačů třídy přesnosti B. Jedno měřením se snímačem s délkou kabele 2,5 metru a druhé s délkou kabele 4 metrů.

První měření snímače s kabelem délky 2,5 metru.

Byly zapojeny obě čidla snímače k počítači. Jeden je označen červeně a druhý modře. Jsou měřena asi 4 až 6 minut. Mezi oběma čidly jsou vždy menší rozdíly. Jde o setinky °C. Je vidět, že čidlo označené červeně je o něco přesnější. Je z toho důvodu, že vykazuje menší odchylky. Modré se sice přibližuje více teplotě 160 °C, ale více kmitá. Čidlo označené červeně je proto více přesné.

Červené čidlo je v průběhu měření teploty vždy o něco přesnější. Bude proto zapojeno posléze v provozu. Druhé čidlo bude sloužit jako rezerva. Vždy je zapojeno pouze jedno. Byl proveden první krok měření.

Druhý krok spočívá v tom, že je v programu zapnut příkaz tzv. Gain. Znamená to doslova: „Přibliž se co nejvíce požadované teplotě.“ Obě čidla se začínají více přibližovat teplotě 160 °C. Doporučená doba měření od spuštění Gain je 5 až 10 minut. Při této době se zmenší odchylky a obě čidla se více přibližují teplotě 160 °C. Kalibraci se dosáhne toho, že čidlo bude vykazovat při měření menší odchylky. Čidlo PT100 je po změření a schválení dáno do provozu. Průběh měření je uveden na obrázku (Obr. 11)



Obr. 11. Průběh teploty a kalibrace u prvního měření v programu Thermo

Druhé měření snímače s kabelem délky 4 metrů

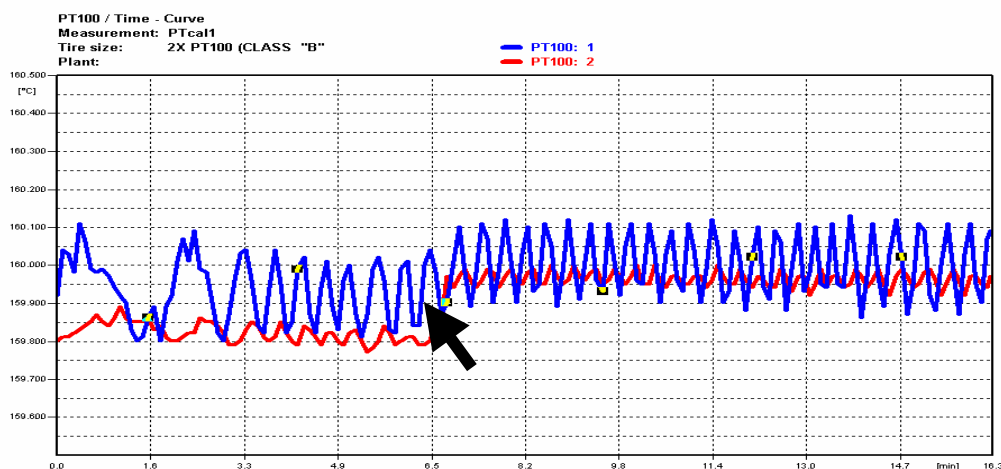
Bylo provedeno ještě jedno měření. Byl použit snímač se 4 m kabelem. Průběh je stejný jako v prvním případě. Čidlo označené červeně je opět přesnější. Modré dosahuje větších kmitů. Průběh druhého měření se liší od prvního měření pouze v tom, že průběhy více kmitají. Je to způsobeno několika faktory. Záleží např.

- na čistotě hlavičky samotného čidla – kvalita materiálu
- na délce kabelu

- při průchodu proudu (I), kterým je kabel napájen může docházet k úniku tepla (Q).

Tyto faktory platí i pro první měření. Větší kabel má o něco větší odpor, než menší kabel. Je to dáno délkou.

Průběh druhého měření je vidět na obrázku (Obr.12)



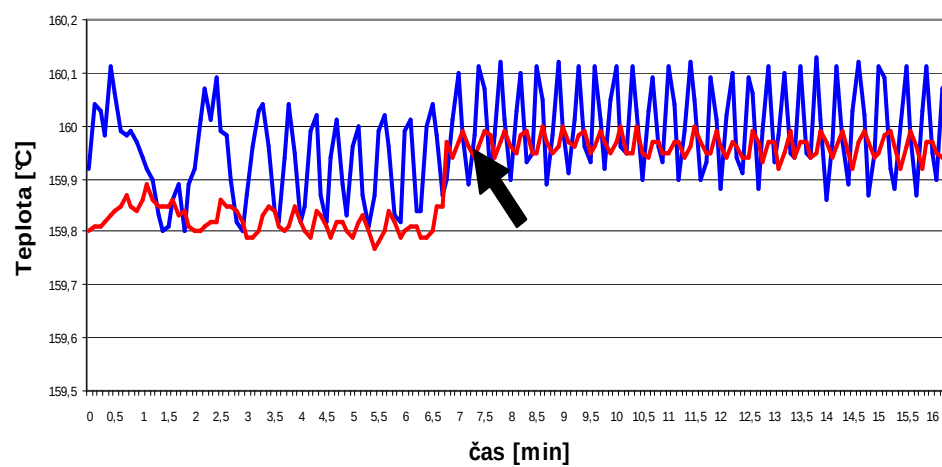
Obr. 12. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo

4.1.2 Výsledky měření

V obou případech se čidla PT100 zkalibrovala. Držela se teploty 160 °C. Odchytky měření byly v setinách stupních Celsia. Obě měření ukázala, že čidla typu B splňují teplotní podmínky. Odchytka měření nesmí být větší jak 3 °C. Při průběhu obou měření teploty nepřesáhla odchytka měření 3 °C. Oba snímače typu B jsou použitelné. Je třeba si je ještě ověřit na vulkanizačním lisu.

Data celého měření byly exportována do programu Excel. Pomocí teploty a času byl sestaven graf. Průběh kalibrace v programu Thermo je zobrazen jako obrázek. Šipky na obrázcích ukazují bod, ve kterém se spustila kalibrace. Na obrázku (Obr.13) je vidět průběh druhého měření v programu Excel.

Kalibrace provedená v teplotním etalonu



Obr. 13. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo

5 MĚŘENÍ A KALIBROVÁNÍ ČIDEL PT100 ZA ÚČELEM NALEZENÍ NEJVHODNĚJŠÍHO VLÁKNA

5.1 Měření a kalibrace čidel

Byl proveden pokus, kterým se mělo navrhnout vhodné vlákno čidla do snímače. Bylo použito 24 čidel PT100. Všechny byly různě dlouhé a od různých výrobců. Bylo zapotřebí zjistit, které čidlo s vláknem je nejvhodnější. Čidla se lišily délkou, průměrem a odporem.

Pomůcky pro měření:

- kalibrátor
- 24 PT100 čidel (12 čidel s délkou 2,5 metru a 12 čidel s délkou 4 metry)
- notebook s programem Thermo
- konektory na propojení všech čidel
- ampérmetr
- posuvné měřidlo

Postup před měřením

Bylo zjištěno, že některé PT100 mají odlišný průměr vlákna. Některá byla tlustší a některá zase tenčí. Záleží na výrobcí čidel. Lišili se v desetinách milimetru. U všech čidel byl změřen odpor. Prvních dvanáct čidel (1 až 12) mělo délku čtyři metry. Ostatní čidla PT100 (13 až 24) měli délku dva a půl metru. Po následném zapojení byla všechna čidla označena barevně. Opět byl použit pro měření program Thermo.

Měření

Bylo zapotřebí nastavit teplotu. Byla zvolena teplota 160 °C. Při této teplotě se vulkanizují pláště..Byla provedena kontrola, zdali je vše dobře zapojeno.

Čidla s délkou 4 metrů měli odchylku od požadované hodnoty cca 0,3 °C. Ostatní čidla měli odchylku přibližně 0,1 °C.

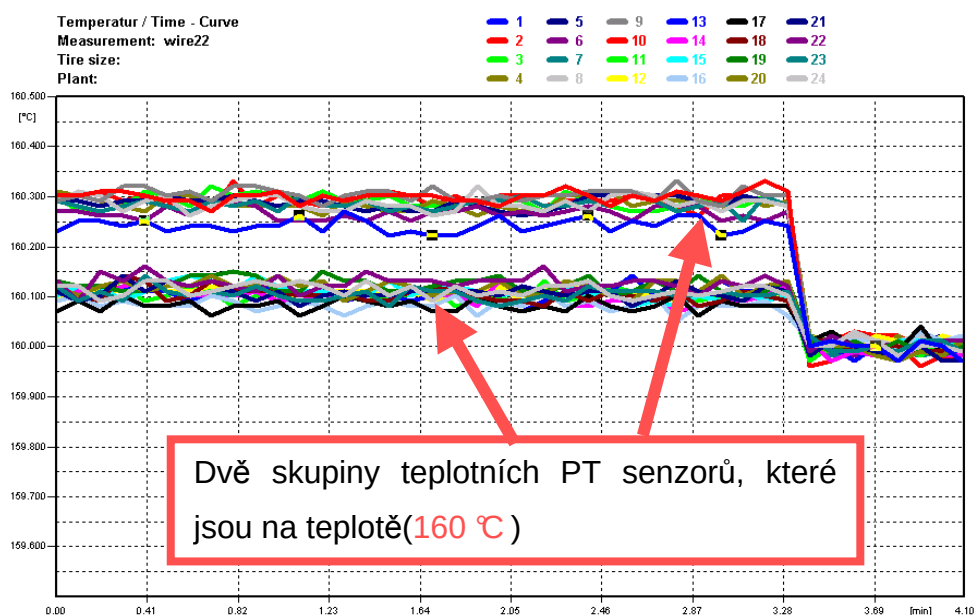
Kalibrace PT100

Po třech minutách byl spuštěn příkaz Gain. Všech 24 čidel PT100 se přiblížilo teplotě 160 °C. Byl očekáván výsledek, že čidla všechna čidla se budou od sebe podstatně více lišit. Lišili se pouze velmi malou odchylkou. Ta byla způsobena délkou čidel PT100.

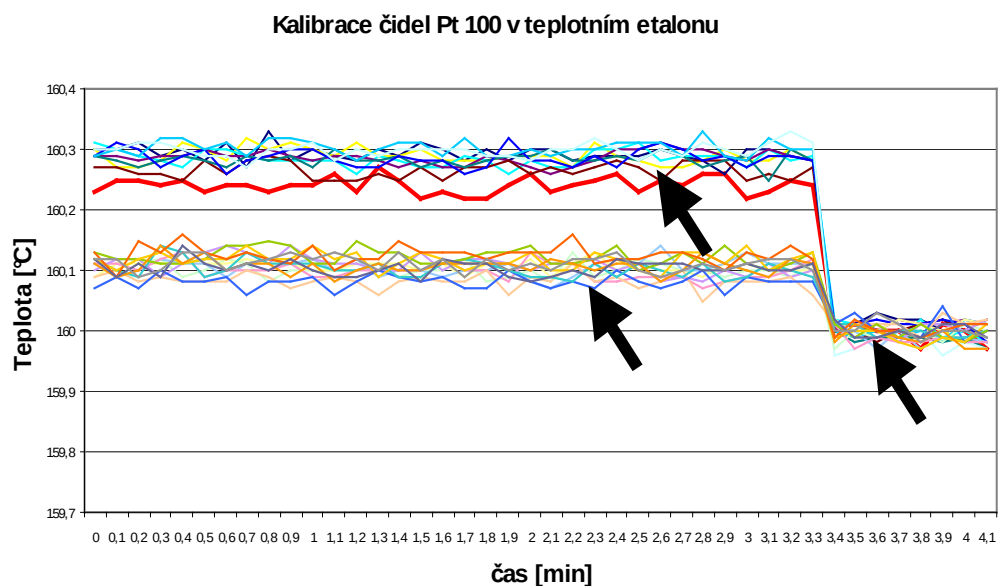
Při průběhu měření je těžké určit, které čidlo je nejvhodnější. Bylo jasné hned na začátku, že při spuštění příkazu Gain nebude možnost přesně určit to nejlepší čidlo PT100. Při kalibraci se všechna čidla PT100 drželi požadované teploty 160 °C.

Data byla exportována do programu Excel. Pomocí nich byl sestaven graf.

Měření je možné vidět na (Obr. 14) a na obrázku (Obr. 15). Aby byl vidět detailnější průběh měření je obrázek (Obr.15) vložen jako příloha (PIII).



Obr. 14. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo



Obr. 15. Kalibrace čidel PT100 v tep. etalonu

5.1.1 Výsledek a hodnocení měření

Pomocí průběhu měření se nedá odhadnout, které čidlo má nejmenší odchylky. Bylo zjištěno, že tudy cesta nevede. Čidla se liší pouze délkou a kvalitou materiálu. Vlákná se lišila pouze průměrem. Nemá význam zkoumat vhodné čidlo či vlákno čidla. Je třeba brát ohled pouze na cenu celého snímače s čidlem PT100.

Nápad je hodnocen jako neúspěšný. I neúspěch nápadu patří k vědecké práci.

Všechny PT100 splnili teplotní požadavky a je možné použít v provozu. Čidla PT100 byly z firem :

- ZPA Nová Paka, a.s.
- A.P.O. - ELMOS v.o.s
- ENERGO NOVA, spol s r.o.

5.2 Sestavení modelu v programu Excel

Bylo třeba vytvořit v programu Excel graf, který určí toleranci a nejistotu měření teplotním odporovým snímačem. Pro měření byl použit regulátor teploty PT100 Siemens.

Tento regulátor slouží jako měřidlo teploty pro snímače s PT100. Při zadávání parametrů měřidla je schopen určit, který snímač je nejvhodnější pro měření. Program je nazván Teplota.

Parametry měřidla

Je třeba určit pro výpočet parametry měřidla:

- Rozsah
- Rozpětí
- Rozlišení(dílek)
- Třída přesnosti
- Maximální dovolená chyba při kalibraci
- Chyba měření neboli výrobní tolerance je $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Rozsah je dán počáteční a koncovou teplotu při měření(vulkanizaci).

Rozpětí je koncová teplota, která se dosahuje při měření(vulkanizaci).

Rozlišení se udává většinou 0,5 až 1 $^{\circ}\text{C}$.

Třída přesnosti udává s jakou přesností přístroj měří.

Maximální dovolená chyba při kalibraci je vychází z hodnoty třídy přesnosti.

5.2.1 Nejistoty při měření regulátorem

Při měření snímače regulátorem teploty vzniká standardní nejistota typu A i B. Standardní nejistota typu A je označena jako u_{BM} . Její hodnota je udávána ve stupních Celsia.. Vypočítá se tak, že hodnota maximálně dovolené chyby při kalibraci je dělená odmocninou ze tří.

Standardní nejistota typu B je označena jako $u_{BMrozis.}$. Její hodnota je udávána ve stupních Celsia.. Vypočítá se tak, že se hodnota rozlišení se podělí odmocninou ze tří.

Velikost sloupce nejistoty udává celková hodnota rozšířené nejistoty U . Pro zpřesnění je volena hodnota její velikosti $k = 2$. Výsledek je dán vzorcem $U = 2 \cdot u$.

Stanovení nejistot při měření

Důležité je vědět: „Žádný teplotní snímač neměří na 100% přesně.“ Jeho přesnost udává parametr třída přesnosti. Při měření teplot regulátoru vznikají nejistoty v měření. Vše je popsáno v teoretické části v kapitole 1.3.

Po stanovení parametrů se na základě standardních nejistot určí výrobní tolerance snímače a s jakou nejistotu snímač měří.

Pro výsledek platí podmínky.

5.2.2 Podmínky pro použití snímače

- Výrobní tolerance nesmí přesáhnout hodnotu $+3\text{ °C}$
- Sloupec tolerance musí být třikrát větší než sloupec nejistoty. Pokud ano, tak je nejistota měření vůči toleranci vyhovující. V opačném případě je nevyhovující.

Pokud nejsou obě podmínky splněny, tak je snímač považován jako nevhodný. Při dosazení parametrů měřidla se okamžité spočítají nejistoty měření a určí se tolerance. Je třeba aby byly vyzkoušeny různé varianty. Program, který počítá toleranci a nejistotu měření je nazván Teplota

Program Teplota

Skládá se ze tří složek:

1. První složka programu je určena pro pneumatiky typu VAN. Říká se jim Vanca.. Tyto pláště se lisují při teplotě 165 °C .

Po zadání parametrů se vypočítají standardní a rozšířené nejistoty snímače. Na základě nich je vykreslen graf.

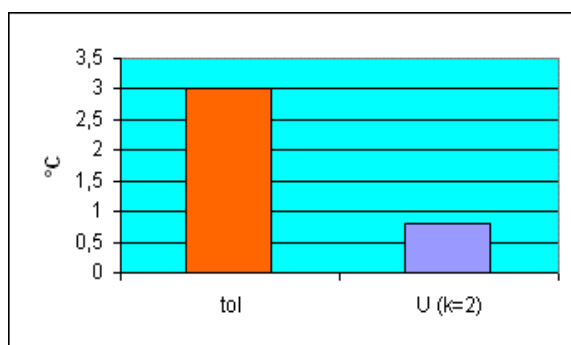
Stanovení nejistoty měření pneumatiky typu VAN je vidět na obrázku (Obr. 16)

Parametry měřidla		jednotky
Rozsah (měřená hodnota):	0 až 165	°C
Rozpětí:	165	°C
Rozlišení (dílek):	0,5	°C
Třída přesnosti :	0,4	%
Max. dovolená chyba při kalibraci:	0,7	°C

Výrobní tolerance:	3	°C
--------------------	---	----

u_{BM} 0,3810512 °C
 $u_{Broz.}$ 0,144337567 °C

 $u (k=1)$ 0,40747188 °C
 $U (k=2)$ 0,814943761 °C



Výsledek: Nejistota měření je vůči výrobní toleranci vyhovující.

Obr. 16. Výpočet tolerance a nejistoty u plášťů typu Vanco

2. Druhá složka programu je určena pro pneumatiky typu OR. Jedna se obyčejné pneumatiky na osobní auta. Pneumatiky se lisují při teplotě 175 °C.

Stanovení nejistoty měření pneumatiky typu OR je vidět na obrázku (Obr. 17)

3. Třetí složka programu je určena pro speciální typ plášťů. Teplota forem dosahuje teploty 205 °C.

Stanovení nejistoty měření speciálních pneumatiky je vidět na obrázku (Obr. 18)

Vyhodnocení

První dva obrázky pro pneumatiky typu OR a VAN splňují obě podmínky použití snímače. U třetího obrázku je sloupec nejistoty příliš velký. Nebyla proto splněna podmínka použití snímače. Hodnoty byly zadány záměrně. Je potřeba vidět, jak vypadají oba možné výsledky.

5.2.3 Třídy přesnosti PT100 senzorů

Třída přesnosti snímačů teploty PT100 je určena dle DIN IEC 751, DIN IEC 584 k referenční teplotě 0°C. Třídy přesnosti jsou zobrazeny v tabulce (Tab. 7)

Při měření teploty ve formách se používá pouze třída přesnosti A a B. Třídy C a D firmy se pro měření teploty nepoužívají. Dosahují totiž velké chyby při měření. Firma Barum je proto nevyužívá

Tab. 7. Třídy přesnosti teplotních snímačů

Třída přesnosti A	$\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Třída přesnosti B	1/1 B	$\pm 0,30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	1/2 B	$\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	1/3 B	$\pm 0,10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	1/10 B	$\pm 0,03 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Třída přesnosti C	$\pm 0,40 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Třída přesnosti D	$\pm 0,60 \text{ }^{\circ}\text{C}$	

Třídy přesnosti teplotních snímačů:

- A : $\pm (0,15 + 0,002) \text{ }^{\circ}\text{C}$ (mají se používat do 650 °C)
- B : $\pm (0,30 + 0,005) \text{ }^{\circ}\text{C}$ (jsou určeny do 850 °C)
- 1/3DIN: $\pm(0,1+0,0017) \text{ }^{\circ}\text{C}$.

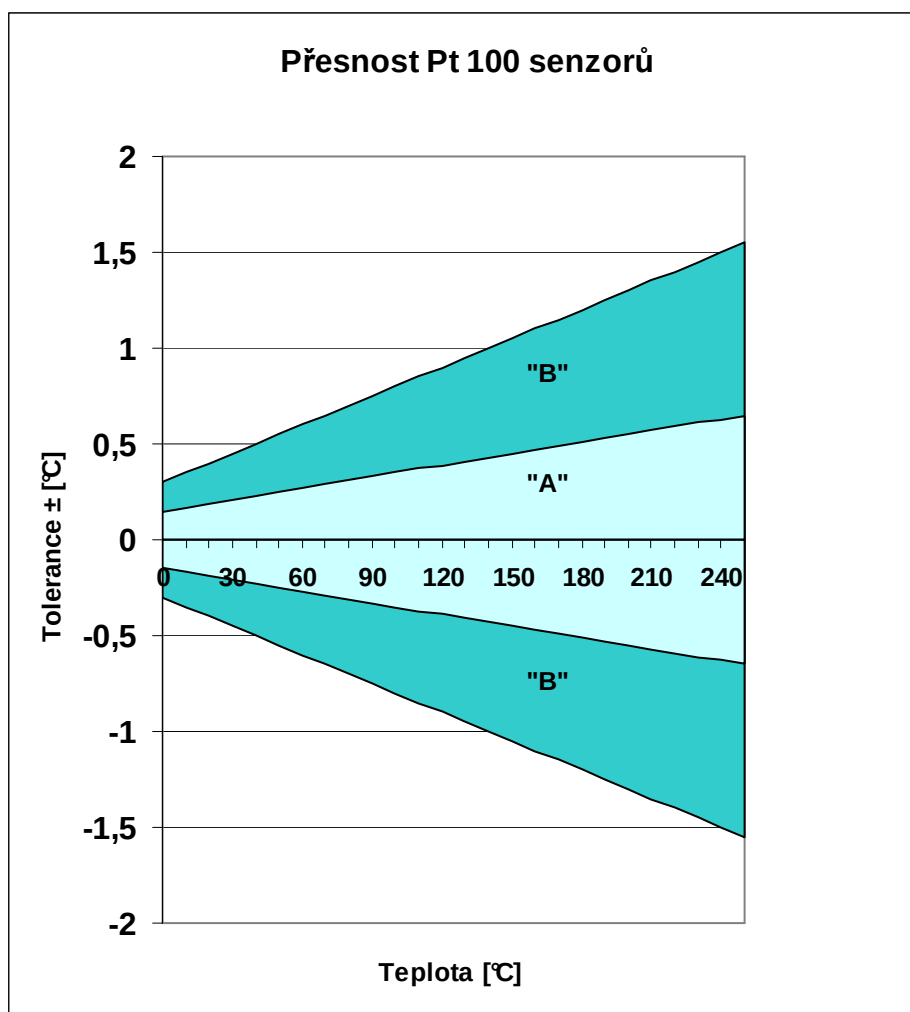
Všechny snímače odpovídají mezinárodním normám a standardům IEC, DIN a JIS.

Přesnost Pt100 senzorů:

Je třeba ukázat, jak moc se liší snímače třídy přesnosti A a B. Je nutné vytvořit graf hodnot PT100 čidel v závislosti na teplotě v programu Excel. Hlavním požadavkem bylo ukázat, jak při narůstající teplotě roste chyba snímačů třídy přesnosti A a B. Je na první pohled vidět, že čidlo s přesností třídy A dosahuje menší chyby a tím je taky přesnější. Čidlo s přesností B dosahuje větších chyb. Vše je vidět na obrázku (Obr.19).

Hodnoty tříd jsou podle grafu souměrné. Jak v kladné části, tak i v záporné části grafu.

Hodnoty PT čidel vychází podle české normy CSN IEC 75, která je identická s evropskou normou EN 607510.

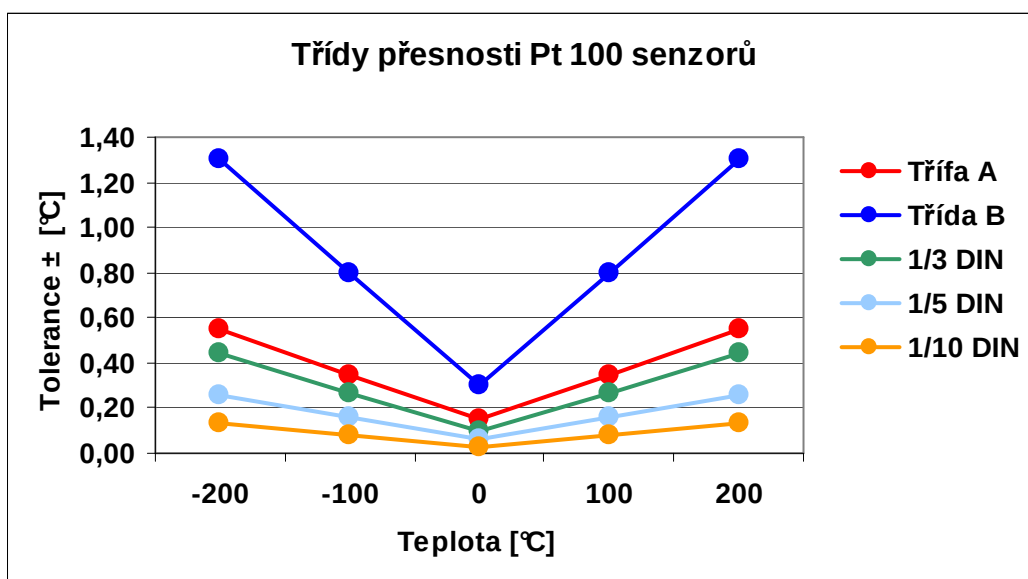


Obr. 19. PT100 senzorů třídy přesnosti (A,B)

Třídy přesnosti PT100 senzorů:

Bylo třeba udělat v programu Excel ještě detailnější rozlišení snímačů třídy přesnosti A a B. Teplotní stupnici bylo třeba zvolit po 100 °C. Byly použity tabulkové hodnoty. Na obrázku (Obr. 20) je znázorněna odchylka měření jednotlivých tříd.

Při pohledu na graf je vidět, jakou odchylku měření mají snímače různých typu tříd přesnosti. U všech hodnot tříd přesností čidel je vycházeno podle **norem DIN**.



Obr. 20. PT100 senzorů třídy přesnosti (A,B)

Výsledek:

Hodnoty jednotlivých tříd nedosahují hodnoty ± 3 °C. Je možné použít všechny typy čidel, které jsou v grafech zakreslena. Hodnota ± 3 °C nesmí být překročena .

6 OVĚŘENÍ ZKALIBROVANÉHO SNÍMAČE

6.1 Ověření a měření zkalibrovaného snímače na laboratorním lisu

Po zkalibrování teplotního snímače musí být celý snímač PT100 ověřen na lisu. Snímač je zapojen na lis. Kontrola snímačů se provádí na laboratorních lisech. V těchto lisech se nelisují pneumatiky. Slouží pouze jako simulační model. Lis je používán k různým účelům. Má v sobě zabudované programy pro určitý typ měření a LCD displej, který ukazuje průběh měření. Dá se k němu zapojit různá externí zařízení, jako je třeba notebook. Tento model laboratorního lisu byl navržen německými technology. Není možnost ho ukázat na obrázku. Informace o přístroji nelze najít na internetu. Jedná se čistě o interní přístroj pro firemní účely.

Nastavení hodnot

Před měřením je třeba všechno nastavit :

- nastavit na lisu měření čidla PT100
- nastavit počáteční a konečnou hodnotu teploty ve stupních celsia
- nastavit čas vulkanizace a měření
- zapojit čidlo PT100
- propojit laboratorní lis neboli simulační model s notebookem
- zapnout program Thermo
- nastavit kroky měření
- zkontrolovat všechna zapojení

6.1.1 Měření na laboratorním lisu

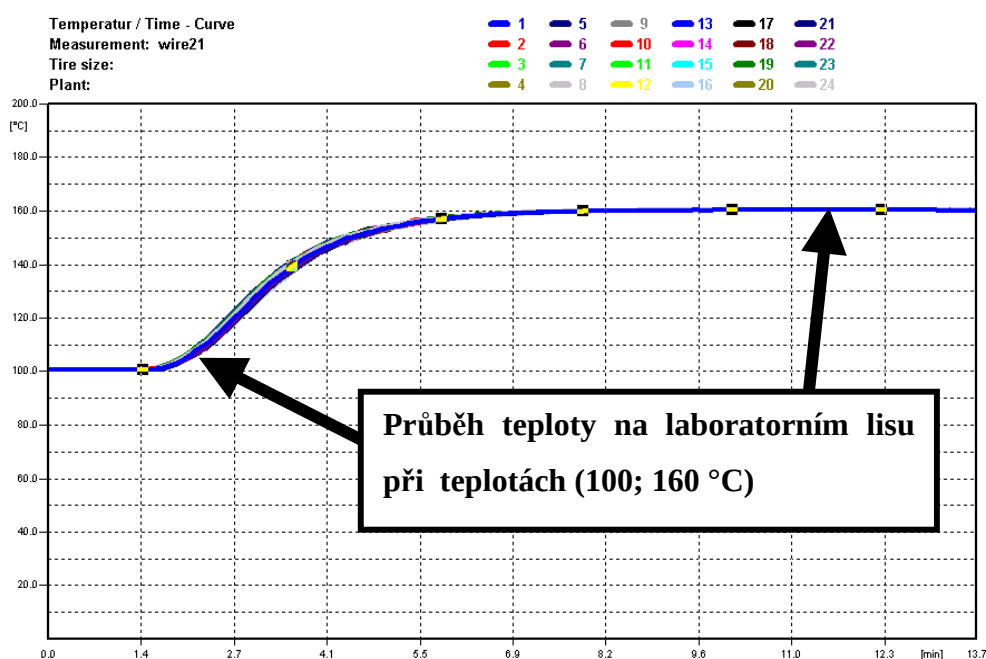
Nastaví se teplota 100 °C. Tato teplota se nastavuje z jednoho důvodu. Před lisováním pneumatik mají formy více jak 100 °C. Při lisování dosahuje teplota 160 °C. Tato teplota je nastavena posléze jako offset.

Po zkalibrování by měl snímač PT100 vykazovat průběh bez odchylek. V simulačním modelu je nastaveno všechno tak, aby nedocházelo k různým změnám nebo k jakýmkoli výkyvům teploty, tlaku apod. Doba měření se nastavuje na dobu 10 až 15 minut. Pro účel tohoto měření je dostačující doba 15 minut. Při měření je důležité sledovat ustálení čidla na 160 °C.

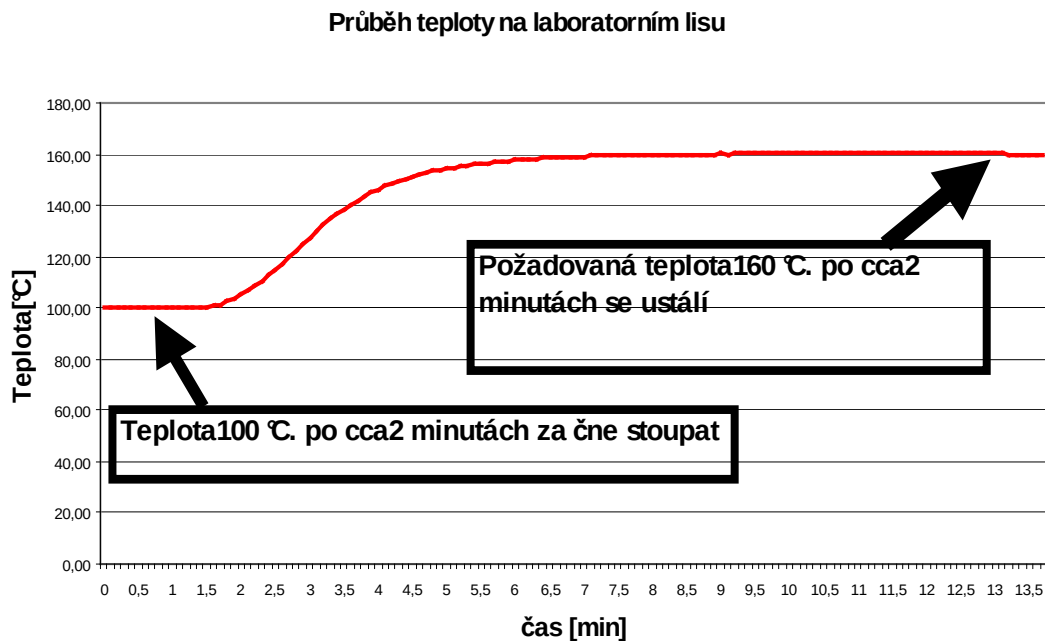
Průběh měření

Po jedné minutě dochází ke stoupání teploty. Je to kritická fáze měření. Křivka musí stoupat pozvolna. Po osmi minutách dochází k ustálení teploty na 160 °C. Křivka musí kopírovat hodnotu teploty 160 °C 5 až 6 minut. Je to doba mezi 8 a 13 minutou.

Průběh měření je vidět na obrázku (Obr. 21) a (Obr. 22). Podle tvaru křivky je vidět, že křivka splnila požadovaný tvar. Nedochází k žádným odchýlkám. Data byla exportována do programu Excel. Pomocí nich byl sestaven graf.



Obr. 21. Průběh teploty na laboratorním lisu v prog. Thermo



Obr. 22. Průběh teploty na laboratorním lisu

6.1.2 Hodnocení výsledku měření na laboratorním lisu

Snímač třídy přesnosti B s PT100 ukázal, že je schopen udržovat teplotu. Měření je možné provádět i na obyčejném lisu v provozu. K testování si ve firmě Barum vystačí i s ověřením na laboratorním lisem.

Byl proveden důkaz, že je možné použít teplotní odporový snímač – plastikářský třídy přesnosti B v provozu.

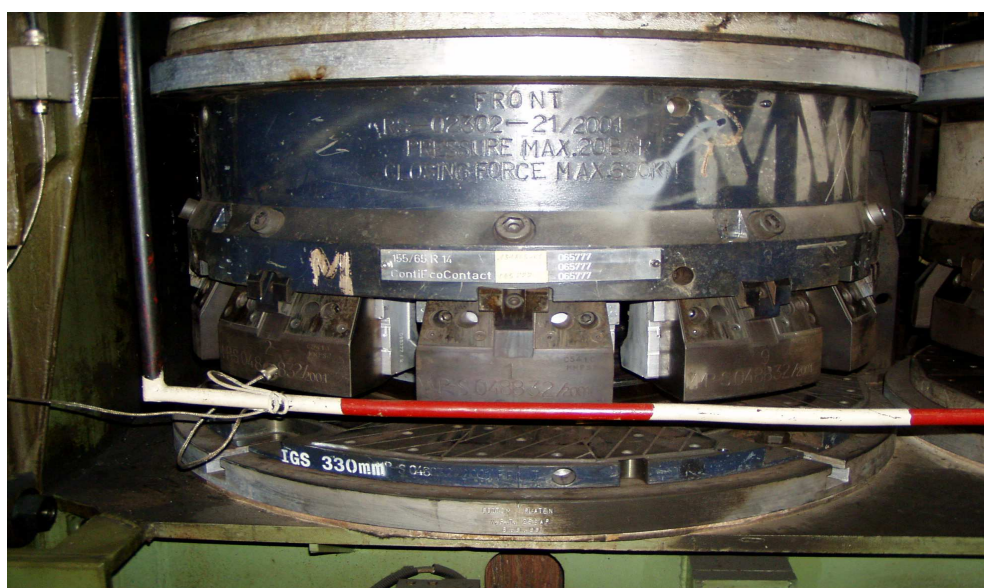
6.2 Ověření zkalibrovaného snímače na vulkanizačním lisu v provozu

6.2.1 Popis formy na vulkanizačním lisu

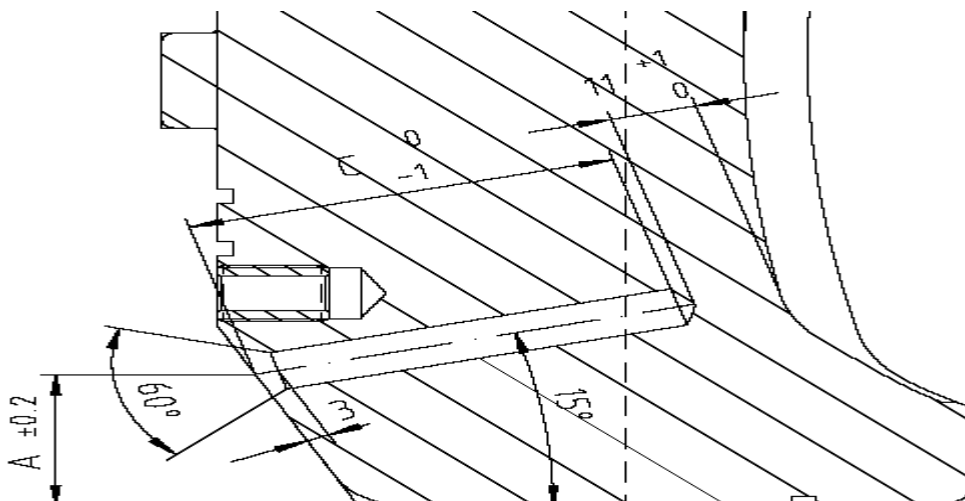
Formu tvoří několik segmentů. Ty jsou umístěny na spodní části formy. Do jednoho z nich je vyvrtán otvor pro teplotní snímač. Snímač a forma jsou vidět. Na obrázcích (Obr. 23) a (Obr. 24).



Obr. 23. Snímač upevněný k segmentu formy



Obr. 24. Forma se segmenty



Obr. 25. Otvor v segmentu pro umístění snímače

6.2.2 Měření v provozu

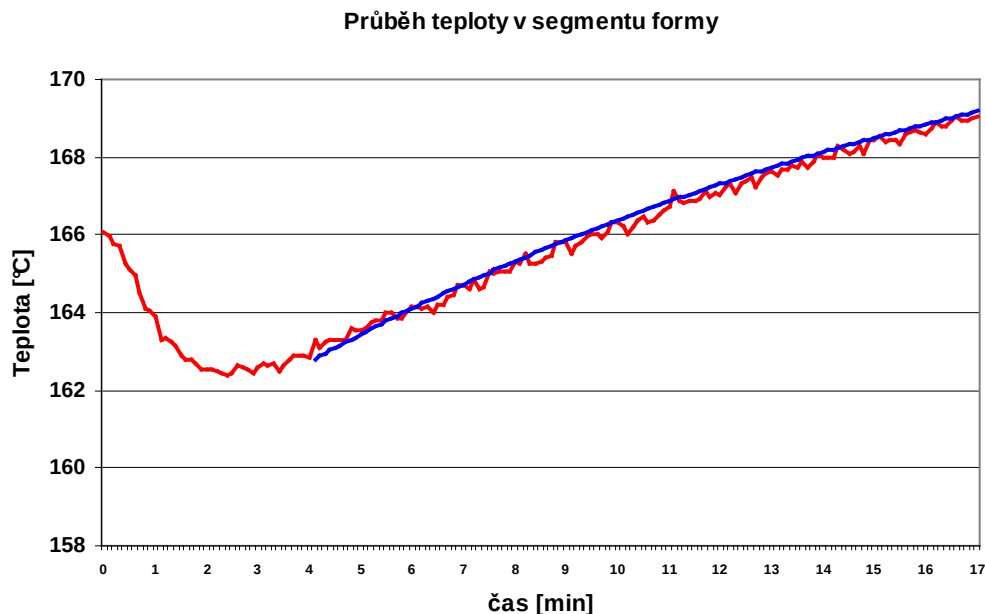
Stejným snímačem byl změřen průběh teploty na skutečném lisu v běžném provozu. Bylo namontováno zkalibrované čidlo třídy přesnosti B. Byl zapojen notebook do PLC skříně. V této skříní jsou všechny obvody, které řídí všechno na vulkanizačním lisu. Notebook je napojený na speciální analogovou kartu. Z ní jsou získávána data při měření. Analogová karta je propojená se snímačem.

Průběh měření

Byl spuštěn program Thermo. Bylo zapnuto na lisu start zakládání. Pneumatiky se založily do lisu. Po zavření forem se začal měřit průběh teploty. Bylo pozorováno, jaký bude průběh teploty v segmentu formy. Nejdříve došlo k poklesu teploty. Po určitém čase začala teplota stoupat. Křivka by měla mít lineární průběh. Při lisování dochází k určitým změnám teploty a tlaku. Proto průběh křivky je poněkud zakřivený v různých částech. Důležité je, že při nárůstu křivky nedošlo k velkým odchylkám.

Data byly exportovány do programu Excel. Na základě dat sestaven graf. Průběh měření je možné vidět na obrázku (Obr. 26). Do grafu byla zakreslena tzv. cílová křivka. Tato křivka zobrazuje, jak by měl vypadat správný průběh teploty v segmentu. Cílová křivka je označená modře. Je třeba připomenout, že při lisování dochází k určitým

výkyvům. Křivka je proto zakřivená v různých částí měření. Tvar červené křivky by měl kopírovat tvar cílové křivky.



Obr. 26. Průběh teploty v segmentu formy

6.2.3 Hodnocení výsledku měření

Průběh teploty odpovídal požadavkům měření. Nedošlo k velkým odchylkám teploty při měření.

Všechna měření byla předvedena technologovi. Po konzultaci s ním bylo vyhodnoceno stanovisko: „Teplotní snímač třídy přesnosti B vyhovuje podmínkám měření teploty na vulkanizačním lisu.“ Je možné ho tedy použít v provozu.

Po ověření snímače v provozu byly namontovány snímače s PT100 třídy přesnosti B na některých lisech. Bylo potřeba vyzkoušet hned několik snímačů třídy přesnosti B. Výsledky všech snímačů vyhovovaly všem podmínkám pro měření teploty na vulkanizačním lisu. Byly splněny všechny podmínky pro použití snímače s třídou přesnosti B.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodný odporový teplotní snímač - plastikářský. Bylo zapotřebí provést měření, aby vyhovoval daným požadavkům. Měření a kalibrování jsem prováděl v příslušných laboratořích a na vulkanizačním lisu.

Výsledky měření mě ukázali vhodnost použití odporového teplotního snímače - plastikářského na vulkanizační lis. Byla provedena kalibrace a následné změření vhodnosti použití snímače. Výsledky měření byly uspokojivé. Teplotní snímač typu B splnil při měření všechny kritéria. Teplotní snímač typu B by měl být používán podle výsledků k měření teploty na vulkanizačních lisech.

Při jeho používání dojde k úspoře financí v hodnotě 400,- Kč na jednom kusu snímače. Cena teplotního snímače třídy přesnosti je B o 30 % levnější než snímač třídy přesnosti A. Ve firmě je zapotřebí 1400 kusů snímačů. Pokud se budou používat pouze snímače s třídou přesnosti B ušetří se na nákladech cca 560 000 Kč.

Měření teploty snímači má velký význam při výrobě pneumatik. Důležitá je přesnost měření, která má vliv na kvalitu výrobku. Kontrola měření je prováděna při auditech. Bude hodně záležet na firmě Barum, jestli tento návrh schválí.

V bakalářské práci je uvedeno mnoho důkazů, proč je vhodné nahradit teplotní snímač třídy přesnosti B za teplotní snímač třídy přesnosti A

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Technický předpis metrologický (0051 – 93)1. díl, Slovenský metrologický ústav, Bratislava, 1993.
- [2] Vínovec, Jindřich: Zpracování naměřených údajů, Česká metrologická společnost, Praha, 1997.
- [3] Technický předpis metrologický (0051 – 93) 2. díl, Slovenský metrologický ústav, Bratislava, 1993
- [4] Etalony – Vyjadřování nejistot a chyb(0050 – 97), Česká metrologická společnost, Praha, 1997.
- [5] Firemní manuály k vulkanizačnímu stroji.
- [6] Hruška,F –Technické prostředky automatizace IV, Snímače převodníky, regulátory,průmyslová výpočetní technika,ovládající jednotky, Skriptum UTB ve Zlíně, FT, 2001,s.107 ISBN 80-7318-026-X.
- [7] Ďaďo, Stanislav, Kreidl, Marcel: Senzory a měřící obvody, ČVUT Praha, 1999, 315s., 80-01-02057-6.

Internetové stránky :

Kalibrační přístroje od firmy Ametek

<http://ametek.synkron3.uni2.dk/sw113.asp>

<http://ametek.synkron3.uni2.dk/sw39.asp>

Kalibrační přístroje od firmy Tectra

<http://www.tectra.cz/main.htm>

Teorie k čidlům a snímačům

<http://www.procon.clnet.cz/informace/infmer.htm>

<http://dt.fme.vutbr.cz/~measure/Senzor/Cl-Pt100.htm>

<http://www.technotrend.cz/stranky/teorie/teorie1.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

R_0	– základní odpor [Ω]
R_{100}	– hodnota elektrického odporu čidla při teplotě 100° C [Ω]
W_{10}	– poměr odporů při 100 a 0°C [Ω]
α	– teplotní součinitel odporu [K^{-1}]
Pt	– chemická značka platiny
Ni	– chemická značka niklu
Cu	– chemická značka mědi
$\varnothing$	– značka průměru [m]
T_0	– teplota tání vody [°C]
Pt 100	– označení platinového čidla
Gain	– příkaz pro kalibraci
I	– značka elektrického proudu [A]
Q	– značka tepla [J]
p	– tlak [Pa]
F	– Jednotka Fahrenheitovy stupnice
$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$	– tolerance [°C]
u_{BM}	– standardní nejistota typu A
$u_{BMrozis.}$	– standardní nejistota typu A
u	– kombinovaná standardní nejistota
U	– rozšířená standardní nejistota

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Odporový teplotní snímač	12
Obr. 2. Dvojice PT100 čidel	13
Obr. 3. Čidlo vinuté	15
Obr. 4. Čidlo platinové	15
Obr. 5. Otvor do něhož se vkládá patrona	29
Obr. 6. Patrona do nichž se vkládá snímač	29
Obr. 7. Vytápění kalibračního přístroje	30
Obr. 8. Kalibrátor a snímač	31
Obr. 9. Kompletní měřicí aparatura	32
Obr. 10. Kapalně lázně	32
Obr. 11. Průběh teploty a kalibrace u prvního měření v programu Thermo.....	35
Obr. 12. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo.....	36
Obr. 13. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo.....	37
Obr. 14. Průběh teploty a kalibrace u druhého měření v programu Thermo.....	39
Obr. 15. Kalibrace čidel PT100 v tep. etalonu	40
Obr. 16. Výpočet tolerance a nejistoty u plášťů typu Vanco.....	43
Obr. 17. Výpočet tolerance a nejistoty u plášťů typu OR.....	44
Obr. 18. Výpočet tolerance a nejistoty u speciálních plášťů	44
Obr. 19. PT100 senzorů třídy přesnosti (A,B).....	46
Obr. 20. PT100 senzorů třídy přesnosti (A,B).....	47
Obr. 21. Průběh teploty na laboratorním lisu v prog. Thermo	49
Obr. 22. Průběh teploty na laboratorním lisu	50
Obr. 23. Snímač upevněný k segmentu formy.....	51
Obr. 24. Forma se segmenty	51
Obr. 25. Otvor v segmentu pro umístění snímače	52
Obr. 26. Průběh tepoty v segmentu formy	53

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Základní parametry čidel	14
Tab. 2. Třída přesností snímače typu A	25
Tab. 3. Třída přesností snímače typu B	25
Tab. 4. Vyhodnocení ceny snímačů s ponorem 63 mm	26
Tab. 5. Vyhodnocení ceny snímačů s ponorem 80 mm	26
Tab. 6. Základní parametry kalibračních přístrojů	31
Tab. 7. Třídy přesnosti teplotních snímačů	45

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Vulkanizační předpis pláště typu Cargo a OR
- P II Tabulky měřícího odporu PT 100
- P II Měření a kalibrace čidel obrázků (Obr. 15)
- P IV CD-ROM: obsahující všechny programy a obrázky měření
elektronickou podobu bakalářské práce

PŘÍLOHA P I: CHYBA! NENALEZEN ZDROJ ODKAZŮ.

Text.