

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Čidla teploty a měření teploty v elektrických strojích

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslava JANEČKOVÁ**
Osobní číslo: **E10B0025K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Čidla teploty a měření teploty v elektrických strojích**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte rešerši o principech měření teploty a měření teploty v elektrických strojích pro diagnostické účely.

1. Zmapujte současný stav na poli snímání a měření teploty všeobecně.
2. Podrobně rozeberte princip a funkci používaných čidel teploty. Dále popište zpracování a vyhodnocování signálu z těchto čidel.
3. Popište používané způsoby a účel měření teploty v elektrických strojích.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Lysenko, Vladimír: Detektory pro bezdotykové měření teplot, BEN, Praha 2005**
2. **Kreidl, Marcel: Měření teploty: Senzory a měřicí obvody, BEN, Praha 2005**
3. **Platil, Antonín: Senzory a převodníky: Laboratorní cvičení, Vydavatelství ČVUT, Praha 2006**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Bohumír Hána

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Konzultant bakalářské práce:

Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**

Doc. Ing. Jiří Hammérbauer, Ph.D.

děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je popis metod měření teploty dotykovým a bezdotykovým způsobem. Zabývá se vstupními i výstupními parametry a jejich vhodnou volbou v elektrických strojích. Práce je rozdělena do dvou oddílů. Na čidla s dotykovou technologií a na bezdotykovou technologii. U každé použité technologie je praktické využití v průmyslu. Na konci práce jsou shrnuty poznatky o náročnosti výroby a nárocích trhu, přímo od výrobce teplotních čidel.

Klíčová slova

Teplota, principy čidel, metody měření teploty, sensor, termočlánek

Abstract

The goal of this work is description of measurement of temperature with contact and no contact methods. It is concerned with output parameters and their suitable choice in electric machines. This thesis is divided into two chapters. The first chapter is about sensors with contact technology and the second about contactless technology. There is practical utilization in industry with both used technologies. At the end of this thesis is summary of pieces of knowledge about demands of production and market which are directly from producer.

Key words

Temperature, principles of sensor, methods of temperature measurement, sensor, detectors, thermocouple

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 4.6.2013

Jaroslava Janečková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala majiteli Fi Mavis panu Ing. Martinu Vlčkovi, jež mi poskytl spoustu odborných rad a obrazové dokumentace. Dále vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Bohumíru Hánovi za metodické a cíleně orientované vedení, při psaní odborného textu. Poděkování patří také mé rodině, za trpělivost po dobu mého studia.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
HISTORIE	9
SOUČASNOST TEPLTNÍCH ČIDEL A POŽADAVKY NA OBVODY	10
ZÁKLADNÍ PŘEHLED PRINCIPŮ ČIDEL	12
1 DOTYKOVÉ SNÍMAČE	14
1.1 KOVOVÉ ODPOROVÉ SNÍMAČE	14
1.2 ODPOROVÉ POLOVODIČOVÉ SNÍMAČE	17
1.2.1 Monokrystalické snímače bez PN přechodu	17
1.2.2 Monokrystalické snímače s PN přechodem	17
1.2.3 Polykrystalické snímače - Negastory (NTC)	17
1.2.4 Polykrystalické snímače - Pozistory (PTC)	18
1.3 TERMOELEKTRICKÉ ČLÁNKY	18
1.3.1 Konstrukce termoelektrických snímačů a praktické využití	19
1.3.2 Praktické použití teplotního čidla Pt100	20
2 BEZDOTYKOVÉ SNÍMÁNÍ	21
2.1 PRINCIP SNÍMÁNÍ	21
2.1.1 Emisivita	22
2.2 SENZORY ZÁŘENÍ	23
2.2.1 Pásmové pyrometry	23
2.2.2 Úhrnné pyrometry	23
2.2.3 Poměrové pyrometry	24
2.3 SNÍMÁNÍ INFRA ČIDLA OS36-01-K-140F U PRŮMYSLOVÉ PRAČKY	24
2.3.1 Praktické využití infra čidla v hutnickém odvětví	25
2.4 TERMOKAMERY	26
3 SPECIÁLNÍ TEPLoměRY	27
3.1 KERAMICKÉ ŽÁROMĚRKY	27
3.2 TEPLoměRNÉ NÁLEPKY A TEPLoměRNÉ BARVY	27
4 ZÁVĚR	28
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	29
SEZNAM OBRÁZKŮ	30

Seznam symbolů a zkratk

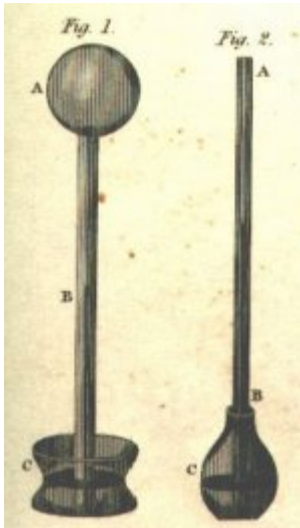
I_{st}	Stabilizovaný zdroj proudu [A]
R_1, R_2, R_3, R_4	Odpory [Ω]
R_0	Odpor čidla při teplotě 0°C
R_{100}	Odpor čidla při teplotě 100°C
R_t	Měřicí odpor [Ω]
R_v	Odpor vedení [Ω]
U_v	Výstupní napětí [V]
t_s	Teplota srovnávacích spojů vedení [°C]
α	Materiálová konstanta tzv. teplotní citlivost

Úvod

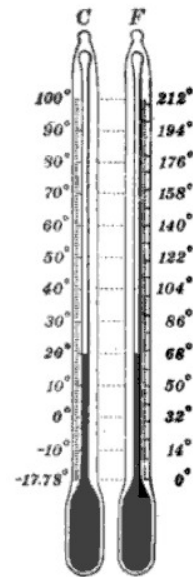
Již odedávna je teplota sledovaným jevem a možnost bližšího určení bylo předmětem mnoha bádání. Teplota je jedna z vlastností, která nám určuje stav hmoty (např. stav kapalný, plynný a tuhý). Měřená teplota se neustále mění s časem [1]. V pevném skupenství molekuly kmitají neuspořádaně kolem rovnovážné polohy, a pokud na hmotu nepůsobí okolní prostředí, rychlost molekul je konstantní. Pro měření teplot vycházíme z Celsiovy stupnice. Tato stupnice má dva stěžejní body. První se nachází v 0°C , což je teplota tání ledu, kdy se voda nachází v rovnovážném stavu: led a voda. Druhým výchozím bodem je teplota varu tj. 100°C . V této poloze nastává druhý rovnovážný stav vody a to-pára a voda. To vše při běžném tlaku 101325 Pa [2]. Stupnice je mezi těmito body rozdělena přesně na 100 stejných dílků [2]. V průmyslu se klade na přesné zjištění teploty velký důraz a mnoho investic jde i na vývoj teplotních čidel. Z hlediska podniků a jejich výrobních technologií je rychlost a kvalita snímání teploty často rozhodující pro kvalitu výrobku, ale i třeba pro úsporu energií, jenž je jedním z ukazatelů ekonomiky podniku. Text práce je rozdělen do dvou oddílů dle druhu snímání čidla. Krátce je zmíněna i technologie snímání speciálních indikátorů teploty, jako jsou teploměrná tělíska a teloměrné barvy s kterými se můžeme v průmyslových aplikacích setkat.

Historie

Podíváme-li se do historie, zjistíme, že prvním objevitelem teploměru je dle dochovaných záznamů italský fyzik a filozof Galileo Galilei, jenž teploměr vynalezl v roce 1592 (Obr.1). Princip spočíval na teplotní roztažnosti vzduchu. Byl zhotoven z tenké skleněné trubičky dlouhé asi 30 cm a na konci trubičky zakončenu baňkou. Baňku zahřál rukou a "teploměr" vložil otevřeným koncem trubičky do nádoby s obarvenou vodou [1]. Chladnoucí vzduch se smršťoval a vlivem tlaku a okolního vzduchu na hladinu voda vnikala do trubičky. Po vychladnutí přejímala baňka teplotu okolního vzduchu. Tím docházelo ke změně výšky vodního sloupce v trubičce. Výška hladiny se měnila podle změn objemu vzduchu v baňce, který se zase měnil podle teploty vzduchu. Vzhledem k tomu, že je ovlivňován atmosférickým tlakem je málo přesný [1]. První teploměry s "normalizovanou" stupnicí byly sestrojeny až v 16. Století [3]. Předmětem bádání fyziků se stalo i využití jiných měřících kapalin. Tou se posléze stala rtuť. Byl vynalezen rtuťový teploměr s první teplotní stupnicí. (Obr.2) fyzikem G.Fahreintem. Až na přelomu 16. a 17. století zavádí švédský astronom Anders Celsius "Celsiovu stupnici", tímto počinem se v podstatě začala odvíjet doba, kdy lze s určitou přesností měřit teplotu a také ji zaznamenat [4].



Obr. 1 duchový termoskop
- Galileo Galilei [1]



Obr. 2 Rtuťový teploměr [1]

Současnost teplotních čidel a požadavky na obvody

Nyní se zaměříme na současnost, nejdůležitějším ukazatelem snímačů teploty jsou dynamické vlastnosti, které je nutné znát pro analýzu a vhodnost využití v regulačních systémech. Samotné měření teplot se provádí ve dvou krocích. Tím prvním je převod teploty do elektricky zpracovatelného signálu, druhým krokem je jeho samotné zpracování. Abychom správně pochopily funkci regulačního systému, vysvětlíme si jeho jednotlivé prvky:

Senzor: je technické zařízení, které provádí první krok měření. Ve své podstatě vysílá signál, dle typu jeho konstrukce.

Převodník: je zařízení, jenž dokáže signál ze senzoru zpracovat, případně jej upravit na požadovanou hodnotu.

Vyhodnocovací člen: jak už je z názvu patrné, je to zařízení, které dokáže vstupní hodnotu signálu zpracovat. Po vyhodnocení, zadává pokyny aktivním prvkům v řízení.

Než se dostaneme k samotným druhům snímačů, je třeba se zmínit o požadavcích, které jsou kladeny na měřicí okruhy a tím i na celou měřicí soustavu:

- Minimální časová prodleva
- Minimální vliv odporu vedení k měřicímu odporu
- Minimální vliv měřicího proudu procházející čidlem
- Linearizace (analogová nebo číslicová) závislosti odporu snímače na teplotě

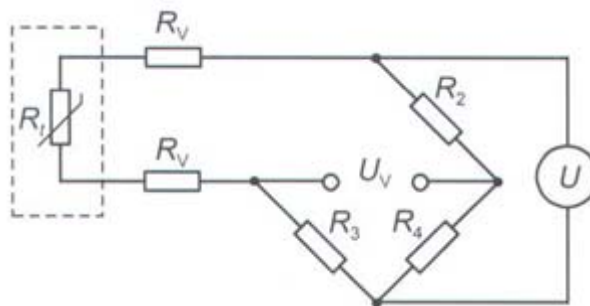
Linearizace: je vlastně snaha popsat stav s co nejlepším výsledkem. Kompromis mezi jednoduchostí modelu a přesností [6].

Minimální časová prodleva je závislá na dané technologii výroby, pohybuje se v rozmezí od 0,005s až 4,5s a i tento údaj musíme při použití čidel brát v úvahu [5].

Minimální vliv odporu vedení k měřicímu odporu. Je důležité, aby výstupní signál sledoval teplotu s minimálním zkreslením. Často používaným obvodem bývá Wheatstonův můstek. Zapojení můstku může být dvouvodičové, třívodičové nebo s přidavnou smyčkou [5].

Dvouvodičové můstkové zapojení: jeho nevýhodou je velké ovlivnění odporem přívodních vodičů (Obr.3). Abychom měli můstek vyvážený, musíme dodržet následující vztah 1.1, kde odpory R_3, R_4 (Ω) jsou odpory můstku. Odpory R_V (Ω) jsou odpory vedení a odpor R_t (Ω) je měřící odpor, jenž nám zajišťuje vyvážení můstku [5].

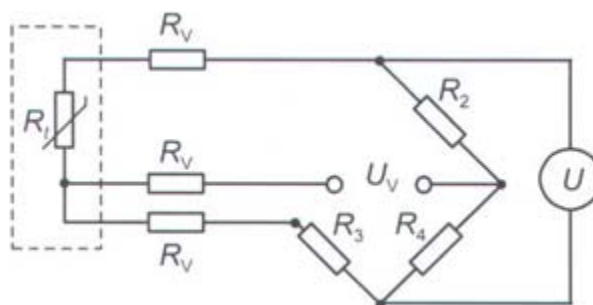
$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1 + 2R_V} \quad (1.1)$$



Obr. 3 Dvouvodičové můstkové zapojení [4]

Třívodičové můstkové zapojení: zmenší odchylku teplotní závislosti vedení, ale zcela ji neodstraní. Odpor vedení se mění současně u obou větví můstku, tím se teplotní vliv kompenzuje, ale jen při vyváženém můstku. Pro vyvážený můstek platí následující vztah 1.2 kde odpory R_3, R_4 (Ω) jsou odpory můstku. Odpory R_V (Ω) jsou odpory vedení a měřící odpor R_t (Ω), jenž nám zajišťuje vyvážení můstku [5].

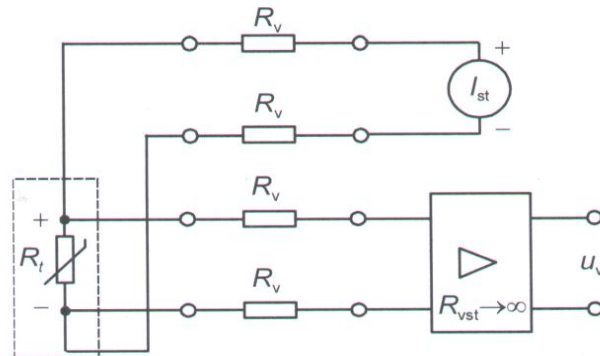
$$\frac{R_4}{R_2 + R_V} = \frac{R_3}{R_1 + R_V} \quad (1.2)$$



Obr. 4 Třívodičové můstkové zapojení [4]

Zapojení s přídatnou smyčkou: je nejčastěji používané při velkých vzdálenostech mezi snímačem a můstkem [2], kdy vlivem vzdáleností vzniká velký odpor vedení. Pro velký vstupní odpor, platí vztah 1.3 kde $U_v(V)$ je výstupní napětí, $I_{st}(A)$ je stabilizovaný zdroj proudu, odpory $R_v (\Omega)$ jsou odpory vedení a odpor $R_t (\Omega)$ je měřící odpor jenž nám zajišťuje vyvážení můstku [5].

$$U_v = I_{st}(R_t + \Delta R_t) \quad (1.3)$$



Obr. 5 Zapojení s přídatnou smyčkou [4]

To jsou jedny z mnoha požadavků na měřící okruhy, které jsou vždy nedílnou součástí měřícího celku. Z těchto zapojení vyplývá že každé zapojení má své výhody i nevýhody (potlačení vlivu odporu přívodů, jednoduchost).

Základní přehled principů čidel

Senzory lze rozdělit podle mnoha hledisek a jejich volba je dána požadavkem na výstupní informaci.

- **Podle kontaktu senzoru s měřeným prostředím:** dotykové a bezdotykové
- **Podle fyzikálního principu:** odporové, termoelektrické, optické, polovodičové s PN přechodem, kapacitní, dilatační, radiační, chemické, šumové, akustické, magnetické a aerodynamické
- **Podle převodu signálu:** aktivní, které se působením teploty chovají jako zdroj elektrické energie tj. termoelektrické články a pasivní, u kterých je nutno zajistit elektrické napájení.

Hlediskem volby správného čidla je samozřejmě nejen tvar snímače, ale také tvar snímaného objektu. Dalším ukazatelem je správně volený princip snímání se zvolenou technologií. A v neposlední řadě je to snímaná teplota. Zdá se, že s vyšší teplotou je lépe použít bezkontaktní snímání [8]. Přes rostoucí význam bezkontaktních měřicích metod se teplota v průmyslu nejčastěji měří kontaktními metodami, jak je také uvedeno v této práci. Přehled principů a vlastností snímačů, je pro větší přehlednost, uvedeno v následující tabulce (tab.1).

Tab. 1 Přehled principů a vlastností snímačů teploty

Název skupiny snímačů teploty	Fyzikální princip	Provedení teploměru	Rozsah použití (° C)
dilatační snímače	změna tlaku	plynový	-5 až +500
	změna tlaku parní náplně	tenze par	-50 až +400
	objemová roztažnost	kapalinový	-200 až +750
	délková roztažnost	kovový	-50 až +900
elektrické snímače	termoelektrický jev	termočlánek	-200 až +2 800
	změna elektrického odporu	odporový kovový	-250 až +900
	změna prahového napětí	odporový polovodičový, diodové senzory	-200 až +300
speciální teploměry	bod měknutí	keramické žároměrky	600 až 2 000
	bod tání	teploměrná tělíska	100 až 1 300
	změna barvy	teploměrné barvy	40 až 1 350
bezdotykové snímače teploty	zachycení veškerého tepelného záření	širokopásmové pyrometry	-40 až +5 000
	zachycení úzkého svazku tepelného záření	monokrystalické pyrometry	100 až 3 000
	porovnání dvou svazků tepelného záření o různých vlnových délkách	poměrové pyrometry	700 až 2 000
	snímání teplotního obrazu tělesa	termovize	-30 až 1 200

1 Dotykové snímače

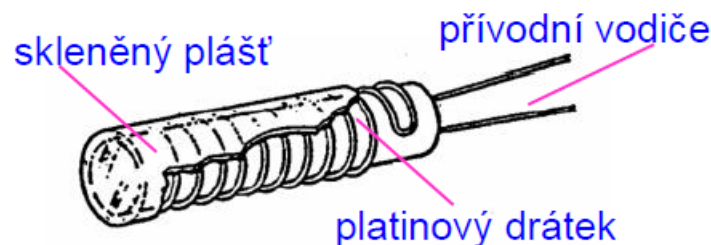
Protože dotykové snímání už urazilo ve svém vývoji delší časový úsek začneme těmito snímači. Snímač (často používaný výraz čidlo nebo senzor), jak už název napovídá, je v kontaktu s měřeným místem. Zde se využívá nejvíce dvou principů, a to odporového a napěťového.

1.1 Kovové odporové snímače

Kovové odporové senzory pracují na principu teplotní závislosti odporu kovů. To znamená, že měříme vlastní odpor kovu, ze kterého je čidlo vyrobeno [9]. Proto jsou kladeny zvláštní požadavky na odporový materiál, z kterého je čidlo vyrobeno. Mezi tyto požadavky patří: nulová hystereze, konstantní teplotní součinitel v čase a minimální změna teplotního součinitele odporu [9]. Zajímavá je i technologie výroby těchto senzorů:

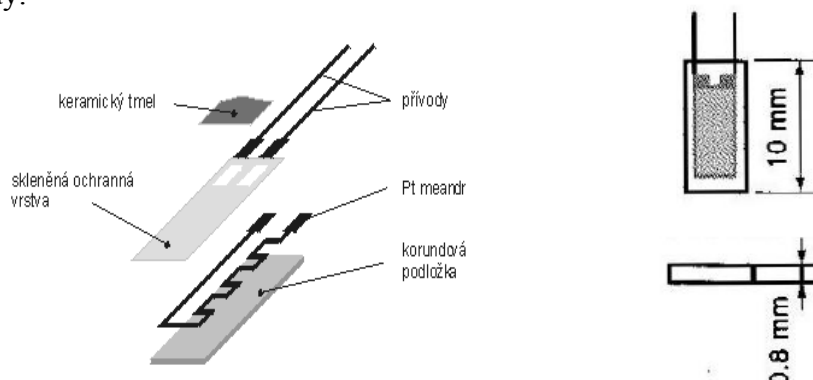
- Drátková technologie
- Tenkovrstvá technologie
- Tlustovrstvá technologie

Drátková technologie: na izolační destičku např. keramika, slída, sklo, která je řádově několik milimetrů, je nalisován odporový materiál ve tvaru spirálky (Obr.7). Destička je potom zakryta hmotou, která slouží k ochraně snímacího členu [5].



Obr. 6 Výroba drátkovou technologií [7]

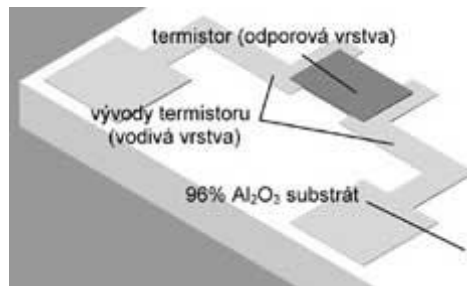
Čidlo vyrobené tenkovrstvou technologií je vytvořeno technikou napařování, fotolitografií a iontovým leptáním na vrstvě Al_2O_3 o tloušťce 1nm až 1mm. U této technologie se odpor přesně nastaví nízkou výkonným laserem. Tímto se dosáhne vysoké přesnosti, rychlé časové konstanty a malých rozměrů [7]. Malé rozměry jsou vhodné při montáži na integrované obvody.



Obr. 7 Výroba tenkovrstvou technologií [7]

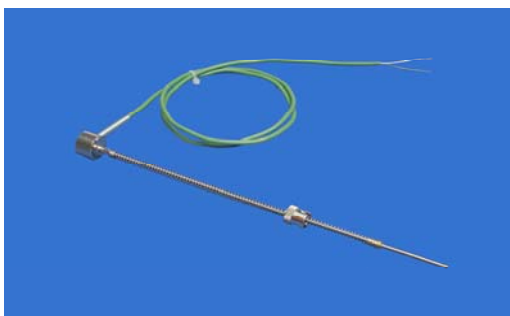
Čidlo vyrobené tlustovrstvou technologií

tvoří čtverce nebo obdélníky s délkami hran řádově v milimetrech. Kovová (nejčastěji platinová) vrstva je nanášena ve formě pasty na korundovou destičku sítotiskem, potom je nanesená vrstva tepelně stabilizována a vypálena. Požadovaná hodnota základního odporu se přesně nastavuje pomocí takzvaného trimování. Což je metoda, kdy se laserem vypálí odporová dráha. Je zajímavé, že trimováním můžeme hodnotu odporu pouze zvětšit nikoliv zmenšit [5].



Obr. 8 Výroba tlustovrstvou technologií [7]

Ať už je snímací prvek vyroben jakoukoliv technologií, je v podstatě stavebním kamenem celého snímače. Výrobce pak podle požadavků na snímání volí vhodnou formu vsazení do samotného ochranného těla snímačů. Na obrázcích níže jsou vyobrazeny některé možnosti.



Obr. 9 Snímač plášťový pravoúhlé připojení



Obr. 10 Snímač s keramickou ochrannou jímkou



Obr. 11 Snímač plášťový s rukojetí a připojeným vedením



Obr. 12 Snímač úhlový s jímkou

Vhodným odporovým materiálem na snímače jsou třeba platina, měď, nikl, stříbro a zlato. Platina je nejvíce používaným materiálem pro její chemickou odolnost, vysoké teplotní rozhraní od -260°C do 630°C a také její čistotu [5]. Nejčastěji používané materiály i s jejich vlastnostmi jsou uvedeny v tabulce (tab.2). Využití drahých kovů, jako je zlato, jenž má teplotní odolnost až 400°C , je spíše na dražší, nebo speciální technologie, případně na přání zákazníka.

Tab.2 Materiály a jejich vlastnosti

Materiál	$\alpha \cdot 10^2 \text{ [K}^{-1}\text{]}$	Teplotní rozsah [$^{\circ}\text{C}$]	Poměr odporů W_{100}
Platina	0,385 až 0,391	-200 až +850	1,385
Nikl	0,617 až 0,675	-70 až +150 (+200)	1,618
Ni-Fe	0,518 až 0,527	-100 až +200	1,462
měď	0,426 až 0,433	-50 až +150	1,426

Výstupní veličinou odporových snímačů, jak z názvu vyplývá je tedy odpor R (Ω). Hodnota odporu je pro daný materiál dána normou. V České Republice je to norma ČSN EN 60 751. Podle přesnosti se tyto snímače dělí do tří tříd: třída přesnosti A s tolerancí $0,15^{\circ}\text{C}$, třída přesnosti B s tolerancí $0,30^{\circ}\text{C}$ a třída přesnosti C s tolerancí $0,60^{\circ}\text{C}$. Všechny uvedené tolerance platí pro teplotu 0°C [5]. Díky této minimální odchylce se odporová čidla stávají téměř nejpřesnějšími snímači.

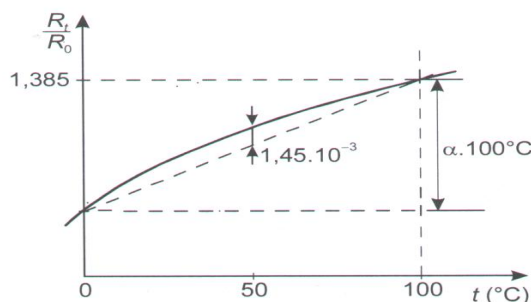
Asi nejvíce využívaným teplotním senzorem současnosti je platinový senzor PT100.

PT100, jak už sám název napovídá, je vyroben s příměsí platiny. Číselný údaj nám říká, že při teplotě 0°C je hodnota odporu čidla 100Ω . Číselné hodnoty mohou být dle typu různé, např. Pt200, Pt500, Pt1000..., ale vždy nám číselný údaj představuje hodnotu odporu v 0°C .

Pro měření je jediným teplotně závislým parametrem relaxační čas, jehož jednotka je řádově 10^{-13}s [5]. Pro malé rozsahy v rozmezí od 0° až 100°C používáme pro výpočet relaxačního času vztah 1.4 kde R_0 (Ω) je odpor čidla při teplotě 0°C , α je materiálová konstanta, t ($^{\circ}\text{C}$) je teplota. Do hodnoty 100°C je vztah hodnot téměř lineární [5].

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (1.4)$$

Při snímání vyšších teplot již lineární vztahy nelze použít a tak musíme závislé parametry aproximovat polynomy vyšších řádů.



Obr. 13 Teplotní závislost čidla Pt100 [4]

1.2 Odporové polovodičové snímače

Odporové polovodičové senzory teploty pracují také na stejném principu. To znamená, že výstupní hodnotou je odpor $R(\Omega)$, ale vnitřní struktura čidla je jiná [5]. Tyto snímače rozdělujeme na dvě hlavní skupiny

- monokrystalické – které mohou být bez PN přechodu nebo s jedním, případně více PN přechody [10].
- polykrystalické – kterým říkáme termistory, dále rozdělené dle teplotního koeficientu na: Negastory (NTC) a Pozistory (PTC) [10].

1.2.1 Monokrystalické snímače bez PN přechodu

Patří do skupiny polovodičových snímačů. Nejčastěji jsou vyráběny z křemíku (Si), germania (Ge) a popřípadě jejich slitin. Křemíkové snímače používáme v rozsahu -50°C do 150°C .

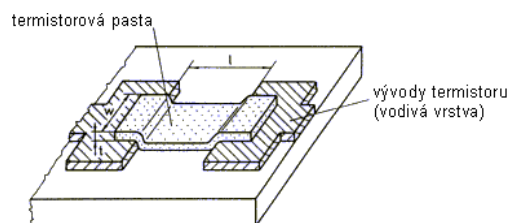
Výhodné je využití germaniových snímačů pro teploty od -190°C a výše. A to z důvodů časové stálosti těchto článků [10]. To znamená, že po celou dobu své životnosti zachovávají vlastnosti, jenž jsou dané materiálem prvku.

1.2.2 Monokrystalické snímače s PN přechodem

Patří také do skupiny polovodičových snímačů. Pracují však na principu závislosti PN přechodu na teplotě [10]. Rozsah teploty je ale poměrně nízký od -55°C až 150°C . Nejdůležitějším parametrem snímače je teplotní závislost PN přechodu[2]. Napětí s rostoucí teplotou klesá, tudíž teplotu určíme na PN přechodu podle velikosti tohoto napětí [2].

1.2.3 Polykrystalické snímače - Negastory (NTC)

NTC termistory pracují na principu teplotní změny rezistivity, mají ale záporný teplotní koeficient, tzn. že s rostoucí teplotou jejich rezistivita klesá a naopak [5]. Velkou výhodou jsou malé rozměry, velká teplotní citlivost, možnost přímého měření odporu na větší vzdálenost. Nevýhodou termistoru je nelineární charakteristika. Vyrábějí se práškovou technologií a pro zpevnění se ještě vytvrdí slinováním při vysokých teplotách. Teplotní rozsah je v rozmezí od -50°C až 200°C nebo typy na extrémní teploty od -250°C až 1000°C [10].



Obr. 14 Termistor

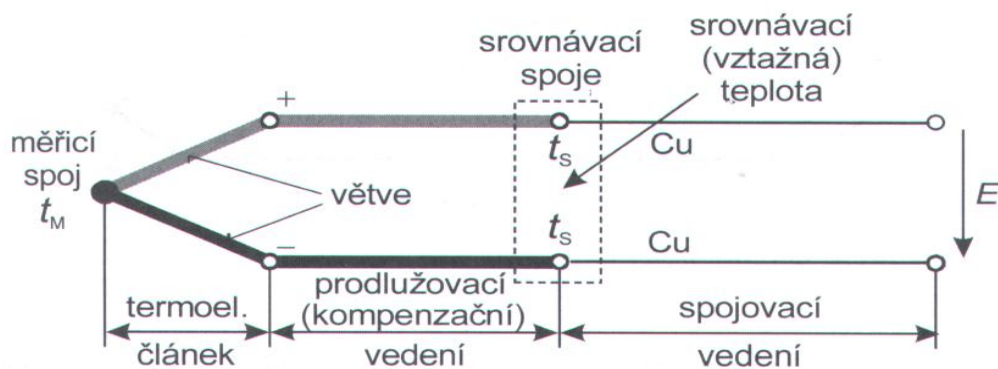
1.2.4 Polykrystalické snímače - Pozistory (PTC)

PTC termistory pracují také na principu teplotní změny rezistivity, stejně jako negasty. Mají ale kladný teplotní koeficient, tzn. že s rostoucí teplotou jejich rezistivita stoupá a naopak[5]. Využití PTC termistorů je všude tam, kde potřebujeme rychlou odezvu a malé rozměry. Teplotní rozsahy jsou v rozmezí od 60°C do 180°C

1.3 Termoelektrické články

Termoelektrické články jsou založeny na Seebeckově jevu. To znamená přeměnu tepelné energie na energii elektrickou [5]. Výstupem tudíž není odpor $R(\Omega)$, ale napětí $U(V)$ řádově milivoly. Podíváme-li se na historická data, zjistíme, že kolem 18. století objevil německý fyzik Thomas Johann Seebeck podstatu termočlánku [8]. Zjistil, že různé kovy jsou zdrojem rozdílných elektrických potenciálů, závislých na teplotním gradientu[8]. Z toho jednoduše vyplývá - spojíme-li dva různé kovy a zahřejeme spoj, vznikne na koncích srovnávacích spojů napětí (Obr.15). Páry termoelektrických materiálů jsou normalizovány a lze je vyhledat i v mezinárodních tabulkách. Je to proto, aby byla zjištěna nelinearita v přijatelných mezích, zajištěn daný teplotní rozsah a odolávaly korozi a chemickým vlivům. Výrobci T článků by se měli řídit normou ČSN EN60 584.

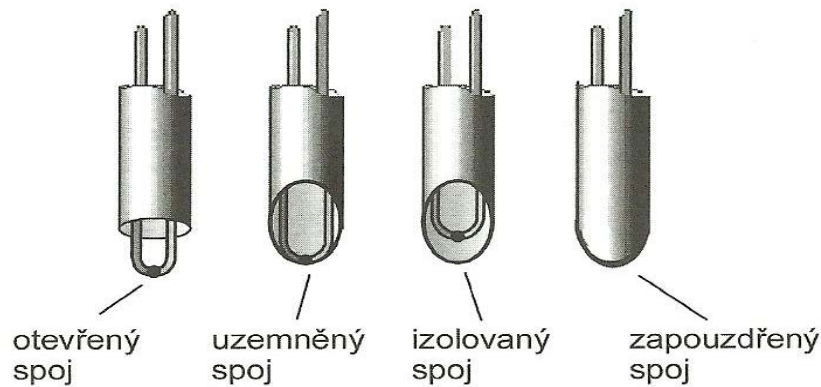
Články jsou označeny písmeny např. Typ K – složení NiCr-Ni Al Každé písmeno má přesně definovanou hodnotu plusu a mínusu. V současné době je to nejrozšířenější teplotní snímač. Pracovní rozsah teplot je v rozmezí od -200°C do 2300°C. Evropská norma pro odchylku ve třídě A je 1,5 °C nebo výpočtem: $0,04xt$ (°C). Termoelektrické napětí je závislé na teplotách spojů dvou vodičů a nikoli teploty podél vodiče. Toto napětí je v řádech jednotek milivoltů, proto je nezbytně nutné ochránit vodiče od rušivých vlivů, jako jsou elektromagnetické a magnetické pole nebo parazitní kapacitní vazby. Vhodnou ochranou může být odstínění vedení.



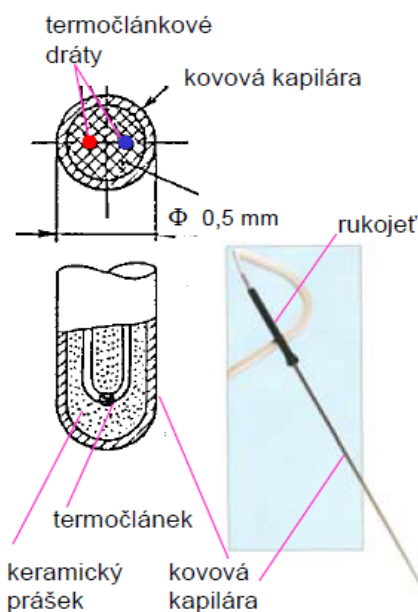
Obr. 15 Termočlánek-zapojení [4]

1.3.1 Konstrukce termoelektrických snímačů a praktické využití

- Jako každé čidlo i termočlánky musí být vhodně uloženy v ochranném těle nebo jinak chráněny (Obr.16). Nechráněné spoje se používají minimálně, ale lze se s tím setkat. Nechráněný spoj používáme v případě, že potřebujeme rychlou odezvu na změnu teploty např. měření statického nebo proudícího plynu [12]. Nad spojem je pak kovový plášť zataven, aby nemohlo docházet k úniku plynu.
- Dále neuzemněný spoj využívá při snímání v korozivním prostředí, neboť je nutné, aby hrot termočlánku byl odstíněn a elektricky izolován od kovového pouzdra [12].
- Zemněný spoj znamená, že hrot je přivařen k ochrannému pouzdru. Nachází využití při snímání proudící kapaliny nebo tam kde je vysoký tlak [12].
- V současné době je nejvíce na vzestupu princip plášťového (zapouzdrěného) snímače. V ohebném plášti je snímací hrot, který je obklopen keramickým prachem a stlačen velkým tlakem (Obr.17). Tímto způsobem ochrany není termočlánek ovlivňován od okolí a je v určité míře ohebný.



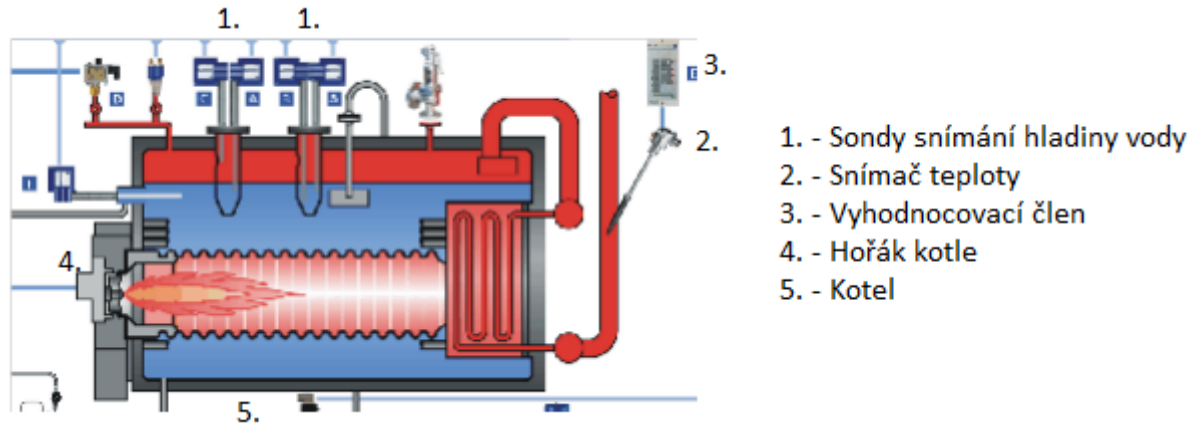
Obr. 16 Druhy plášťových termočlánků [4]



Obr. 17 Princip plášťového snímače [8]

1.3.2 Praktické použití teplotního čidla Pt100.

Regulace komínové klapky u vysokotlakého plynového kotle v průmyslovém závodě firmy Hutchinson



Obr. 18 Schéma vysokotlakého plynového kotle [14]

Použitá technologie je od dodavatelské firmy PolyComp. Snímání teploty probíhá teplotním čidlem Pt100 (Obr.19) typ: MTR16N-000-A280-J výrobce: Mavis Nový Bor, který je umístěn v jímce, jenž je vmontována do potrubí (Obr.19), kde proudí chladnější voda navracející se z výrobní části podniku. Termočlánek vyšle signál do regulátoru teploty v tomto případě typ: JUMO dTRON 08.1 výrobce: Jumo (Obr.22), kde jsou naprogramovány mezní hodnoty teploty. V regulátoru dochází k porovnání s velikostí hodnoty od snímače. Díky zpětné vazbě přichází porovnaný signál k akčnímu členu v našem případě servomotoru, zpětné klapky (Obr.21) a ta ve spalinové komoře odvod spalin uzavře, nebo naopak průchod zvětší. Tato regulace je závislá na vstupních požadavcích zadavatele. Po zadání vstupních parametrů je proces řízení uzavírací klapky zcela automatický a jen záleží na konkrétních požadavcích zadavatele.



Obr. 19 Čidlo Pt100



Obr. 20 Umístění čidla Pt100



Obr. 22 Uzavírací klapka se servomotorem



Obr. 21 Regulátor teploty JUMO dTRON08.1

2 Bezdotykové snímání

Bezdotykové nebo taky bezkontaktní snímání (jak je uváděno v literatuře) se stalo nepostradatelným pomocníkem v automatizačních procesech, kde je třeba měření vysokých teplot, nebo kde nelze použít dotykové snímače, protože se snímané objekty pohybují.

Než zmíním samotné druhy bezkontaktních snímačů, uvedu alespoň obecné výhody a nevýhody použití [13].

Výhody snímání:

- možnost měření teploty na pohybujících se objektech
- měření z bezpečné vzdálenosti (Vysoká napětí...)
- zanedbatelný vliv měřicí techniky na měřený objekt
- možno měřit i velmi rychlé změny
- měření a další digitální zpracování teploty celých povrchů těles(termovize...)

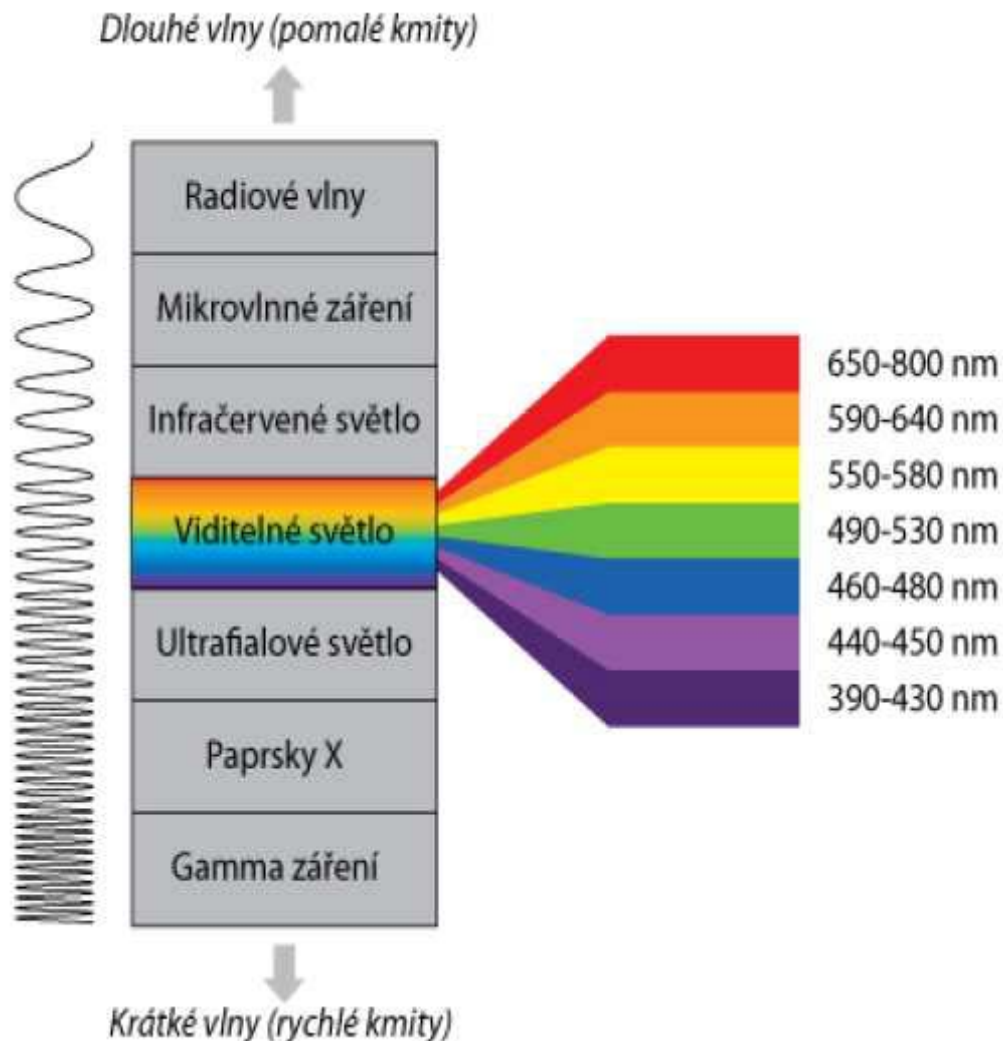
Nevýhody snímání:

- nejistoty měření způsobené korekcí parazitního odraženého záření z okolního prostředí na měřený objekt
- nejistoty měření dané chybnou hodnotou propustnosti prostředí mezi objektem a snímačem
- nejistoty měření dané chybnou hodnotou emisivity povrchu měřeného objektu

2.1 Princip snímání

Princip spočívá ve snímání záření, jenž je pro naše oko neviditelné. Vědci zjistili, že každé těleso vydává záření, pokud jeho teplota vyšší než je absolutní nula. Absolutní nula je definována $0\text{K}(\text{kelvinu}) = -273,15^\circ\text{C}$. Je využíváno elektromagnetického spektra o vlnových délkách od $0,4\mu\text{m}$ až 1mm . Tělesem emitované elektromagnetické záření se nazývá tepelné záření. Z elektromagnetického záření, které povrch každého tělesa emituje, se s použitím zákonů záření (Wienův zákon, Stefan – Boltzmannův zákon, Plackův zákon ...) určí jeho

povrchová teplota. Elektromagnetické spektrum (obr. 23) je rozděleno dle vlnových délek do několika skupin, tzv. vlnových pásem.



Obr. 23 Rozsah viditelného spektra[15]

2.1.1 Emisivita

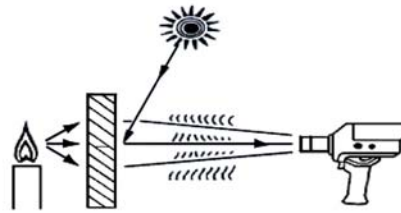
Emisivita je nesmírně důležitá hodnota. Je to množství vyzařované energie z povrchu při určité teplotě. Určuje nám vlastnost materiálu a při jejím špatném určení může dojít až k 80% chybě ve výsledném měření. Z hlediska určení emisivity vycházíme z definice absolutně černého tělesa. Toto těleso dokonale pohlcuje záření, které na něj dopadá v jakémkoli úhlu a libovolné vlnové délce [13]. Emisivita černého tělesa je 1. Pro odlyšné druhy materiálů je hodnota emisivity rozdílná např. organické materiály. Do této skupiny patří např. kámen, beton, mají povrch, jenž odráží velmi málo, proto je emisivita velká mezi 0,8 až 0,95. Totéž platí také pro gumu, plasty, dřevo atd. Naopak kovy s lesklým nebo leštěným povrchem, mají emisivitu kolem 0,1

Pro kalibraci snímačů se používají černé zářiče, které mají emisivitu 1 až 0,99 [14]. Většinou je realizován dutinovým zářičem s reflexním, difuzním, případně difuzně reflexním povrchem. Všechny bezdotykové teploměry se kalibrují pomocí této metody [13].

2.2 Senzory záření

Jak už bylo uvedeno, jsou to senzory, jenž jsou schopné zaznamenat parsek elektromagnetického záření [21]. Jejich výroba je nesmírně náročná a drahá. Mezi hlavní dodavatele snímacích čipů spadá firma Lend a Ritek. Tyto čipy jsou potom následně vmontovány ostatními výrobci do různých přístrojů a technologií. Proto i pořizovací cena je nepoměrně vyšší. Těmto přístrojům potom obecně říkáme pyrometry [21]. Podle spektrálního rozsahu dělíme pyrometry na:

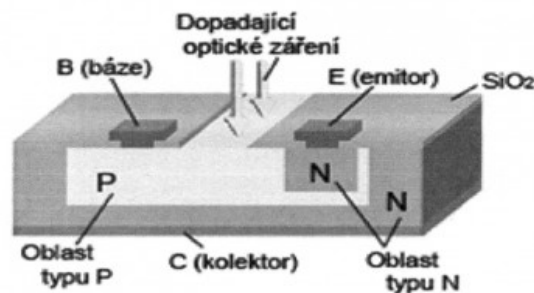
- pásmové (úzkopásmové)
- úhrnné (širokopásmové)
- poměrové (barvové)



Obr. 24 Snímání pyrometrem[21]

2.2.1 Pásmové pyrometry

Pásmové pyrometry zpracovávají jen velmi úzké pásmo vlnových délek. Pokud je to oblast pro vysoké teploty, pak hovoříme o vlnových délkách v rozmezí od $0,8\mu\text{m}$ až $1,1\mu\text{m}$. Časté použití je také v oblasti metalurgie, při snímání kovových materiálů, kde jsou využity vlnové délky od $1,6\mu\text{m}$ až $3,9\mu\text{m}$. Proto je důležitá správná volba tohoto rozmezí, aby měření bylo objektivní. Do těchto čidel spadají fotodiody, fototranzistory (Obr.25) fotočlánky, fotonky a fotoodpory. Citlivost je závislá na druhu čidla [17].



Obr. 25 fototranzistor[14]

2.2.2 Úhrnné pyrometry

Úhrnné pyrometry pracují v poměrně širokém pásmu vln a to od $0,4\mu\text{m}$ do $20\mu\text{m}$ což je rozmezí teplot od 0°C do 2000°C . Jejich konstrukce je jednodušší, což se projevuje na jejich citlivosti a dynamice. K samotné detekci se používají bolometry a pyroelektrické senzory [17]

2.2.3 Poměrové pyrometry

Poměrové pyrometry jejich optika dokáže přijímat paprsek vyzařovaný objektem na dvou úzkých vlnových pásmech. Tam dojde k jejich porovnání a vypočtení poměru energií. Tento druh pyrometrů nachází využití především ve speciálních aplikacích. Všude tam kde by mohlo být ovlivněno záření jiným faktorem např. kouřem [17].



Obr. 26 Praktické snímání pyrometrem[21]



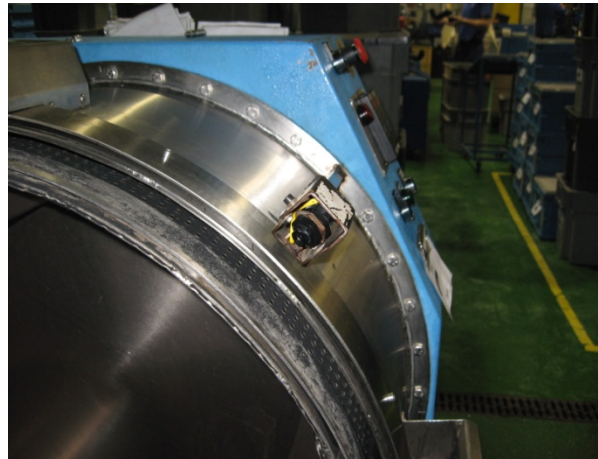
Obr. 27 Termometr

2.3 Snímání infra čidla OS36-01-K-140F u průmyslové pračky

Jedním z příkladů je snímání teploty hadic, před započítím pracího cyklu u průmyslové pračky. V této technologii je využito jak bezkontaktního snímání čidlem typ: OS36-01-K-140F výrobce: Omega, tak i snímání dotykového, pomocí teplotního čidla Pt100 . Infra čidlo je připevněno na kostře pračky (Obr.28), kde snímá teplotu hadic po vulkanizaci (vytvrzení), která nesmí být větší než zhruba 40°C. Aktuální teplotu sleduje obsluha na regulátoru teploty (Obr.30), s nápisem „hadice“. V regulátoru teploty dochází k porovnání skutečných hodnot s hodnotami zadanými obsluhou. Tím je zaručeno, že nedojde k předčasnému spuštění pracího cyklu. Po dosažení teploty ve stanovené mezi, vyšle regulátor díky zpětné vazbě povel spouštěcímu ventilu na možnost praní. Součástí pračky je rezervní nádrž na vodu. V nádrži je umístěna jímka s dotykovým čidlem Pt100 typ TEF16 průměr 6mm výrobce: IHNE & TESCH (Obr.31), které snímá teplotu vody pro proces praní. Voda musí mít alespoň 70°C, aby došlo ke smytí gelu, který se používá při výrobním procesu. Tuto hodnotu opět sleduje obsluha, na regulátoru s nápisem „voda“ (Obr.30). I zde dochází k porovnání stanovené teploty a dle výsledných hodnot, může být spuštěn cyklus praní. V případě nízké teploty, je dán povel topným článkům. Tím nastává proces nahřátí vody v pomocné nádrži. Až když jsou oba požadavky na praní splněny, dojde k proběhnutí pracího cyklu. Na této ukázce je patrné, jak je v současné době měření a snímání teploty důležité pro různá odvětví.



Obr. 28 Infračidlo OS36-01-K-140F



Obr. 29 Umístění infračidla



Obr. 30 Ovládací panel průmyslové pračky



Obr. 31 Teplotní čidlo TEF16

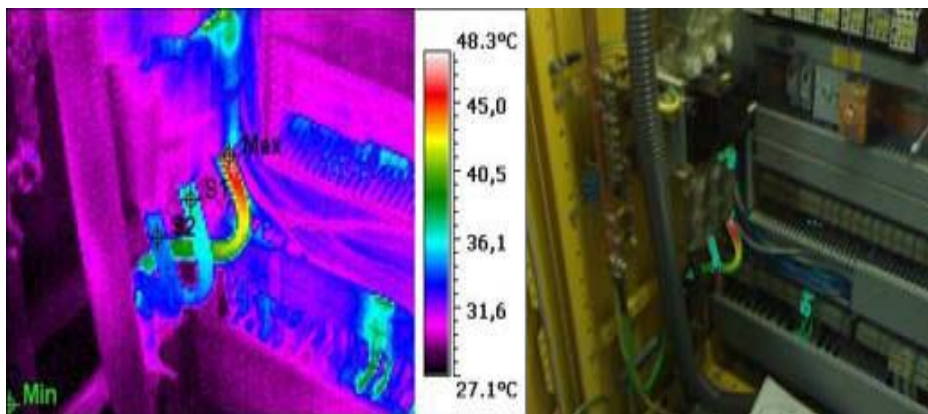
2.3.1 Praktické využití infra čidla v hutnickém odvětví

Dalším příkladem využití v průmyslu infra snímačů je třeba snímání teploty na hladině roztaveného železa. Snímací bod, řádově několik mm, má sejmout příslušnou teplotu, což se může jevit jako jednoduchá záležitost. Problém nastává v okamžiku, kdy se na povrchu taveniny objeví chladnější bod, nebo se vytvoří krusta. Pak už by změřená teplota tavby nebyla objektivní a mohlo by to ohrozit celý výrobní proces. Tento problém se řeší posunutím ohniskové vzdálenosti ve snímači. Tím dojde k sejmutí teploty až pod povrchem tavby, kde nedochází k ovlivnění z vnějšího prostředí. Samozřejmě s tím souvisí další složité technologie, vyhodnocení snímání a návaznost regulace.

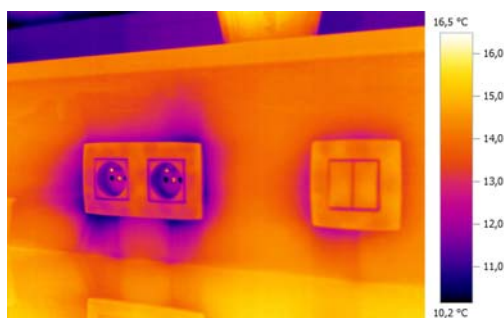
2.4 Termokamery

Výhodou měření termokamerami je možnost snímání i v úplné tmě bez zbytkového světla, jež se nachází ve viditelném spektru [13]. Infračervená teplota je teplota dlouhých vln a pomalejších kmitů. Pokud bychom se podívali na (obr.23), uvidíme, že jde o vlny nad viditelným zářením, ale kratší než mikrovlnné vlny. Pro lidské oko je to záření neviditelné, ale jsme schopni jej vnímat jako tepelný tok.

Termo kamerou snímáný objekt je zkoumaný v infračerveném spektru elektromagnetického záření. Toto záření jenž dopadá na fotokatodu přístroje, způsobí fotoemisi elektronů. Tok elektronů je zesílen fotonásobičem a nasměrován na luminiscenční stínítko, kde se vytváří identický viditelný obraz. Obraz dopadá na optiku a poté na CCD čip, což je součástka, jenž je využívána v technologii fotoaparátů. Teplotní pole a jeho časový průběh je poté zobrazen. Termogram je výstupem z termografického měření. Jedná se o infračervený snímek (Ob32), který pomáhá určit teplotu v jednotlivých bodech snímku. S rozšířením infračervených kamer se také v širším měřítku rozvinul i obor termografie. Obecně se vžilo také označení termovize nebo termovizní kamera [13].



Obr. 32 Snímač oteplení rozvaděče termokamerou[22]



Obr. 33 Oteplení zásuvek [22]



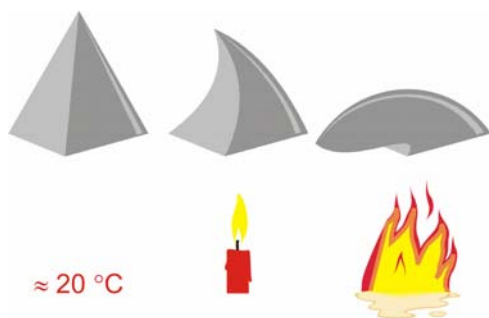
Obr. 34 Tepelné úniky na objektu [22]

3 Speciální teploměry

Speciální teploměry, jak už z názvu vyplývá, slouží většinou pro snímání teplot v určitém odvětví. Většinou mají jednostranné využití např. laboratoře, keramičky atd. Do této kategorie patří: teploměrné barvy, teploměrná tělíska a keramické žároměrky. Určitě bude zajímavé se zmínit o jejich technologii snímání.

3.1 Keramické žároměrky

Keramické žároměrky jsou skutečně zajímavé indikátory teploty. Nevýhodou je pouze jednorázové použití. Jejich historie sahá až k 12. století do oblasti Číny, kdy čínští keramičtí její využívali při vypalování hlíny [19]. Princip žároměrek vychází z jejich tvaru. Jsou to jehlánky, kterým se vysokou teplotou ohnou špičky až k podložce (Obr.18). Protože jehlánky mají přesně definovanou teplotu, kdy dochází k jeho ohybu, lze přesně určit teplotu. Rozmezí teplot je od 650°C do 2000°C. Největší využití žároměrek zůstává po celá staletí vesměs stejné - v keramickém odvětví, při vypalování v keramických pecích [18].



Obr. 35 Keramické tělísko při zvyšování teploty [18]



Obr. 36 Keramické tělísko v peci [18]

3.2 Teploměrné nálepky a teploměrné barvy

Teploměrné nálepky jsou z kategorie speciálních snímačů. Jejich vnitřní složení je z kapalných krystalů, jenž mají schopnost selektivního rozptylu viditelného světla. Krystaly se změnou teploty, změni svoji barvu [13]. Jejich výhodou je rychlá reakce a rozlišovací schopnost jenž činí až 0,1°C. Teplotní rozsahy od -20 °C do 250 °C . Nejčastěji jsou vyráběny ve tvaru proužku, kde se nachází okénka s různými barevnými odstíny. Podle zbarvení okénka jsme schopni indikovat velikost teploty. Využití je výhodné v elektrotechnice při snímání částí transformátorů, nebo motorů [23].

Teploměrné barvy se obvykle nanášejí přímo na měřený objekt. Jejich struktura před nátěrem je buď v práškové formě, jenž se smíchá s alkoholem, který se po aplikaci odpaří, nebo je přímo ve formě spreje. Nanášená vrstva barvy je několik setin mm. Teplotní rozsah je

od 40°C do zhruba 1350°C. V současných technologiích se lze setkat jak s trvalou změnou barvy po zahřátí tak i s přechodnou změnou [23]. Při trvalé změně dochází k nevratné chemické reakci a tím, změně odstínu barvy. Pro nové měření je nutná opětovná aplikace barvy.

U přechodných změn je výhodou, že změna barvy při ohřátí není trvalá a po zchladnutí se vrací na základní barvu. To znamená stav před měřicím procesem. S touto technologií se dnes můžeme běžně setkat například v lékařství. Příkladem je teploměr ve tvaru malého pásku s vyznačenou teplotní stupnicí. Obrovskou výhodou je velká citlivost a téměř okamžitá reakce, na změnu teploty [23].



Obr. 37 Čelový teploměr [20]

4 Závěr

V textu jsem se pokusila co nejsrozumitelněji vysvětlit principy jednotlivých typů teplotních snímačů a zdůraznit jaké okolnosti je třeba brát v úvahu při jejich volbě. Jsou uvedeny konkrétní příklady senzoru a možnosti použití některých druhů v průmyslovém podniku. Z práce vyplývá, že využití dotykových čidel je vhodné především u aplikací, kde nejsou kladeny vysoké nároky na rychlost snímání dané teploty. Velkým plusem je jejich jednoduchá výroba, cena, stálost a především jednodušší zpracování výstupního signálu. Bezdotykové snímače lze využít všude tam, kde je třeba velké rychlosti při zpracování signálu a na snímání objektu nelze využít dotykové snímače a to jak z hlediska bezpečnostního, tak i technického. Dnešní výrobci snímačů neřeší problém s výrobou nových typů. Největším problémem je využití vhodné aplikace na místě snímání, kdy čidlo zdánlivě vhodné, se může po krátkém čase projevit jako málo odolné z hlediska chemického nebo technologického, kdy dochází k různým průhybům a nesymetriím. Neméně důležitá je i znalost převodníků a programování, protože odborníků s těmito znalostmi není dostatek vzhledem k rychlosti vývoje nových technologií. Tato práce slouží k utvoření představy o základních principech snímání. Každá technologie využití snímače skýtá nepřeberné množství variant a správná volba je dána znalostmi, a hlavně zkušenostmi v dané problematice. Často je limitována i finanční stránkou věci.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Techmania-Eduitorium-Exponáty Teplotní stupnice [online] [Cit.2.2.2013] Dostupné z: http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4d6f6c656b756c6f76e12066797a696b61h&key=296
- [2] Historie teploměru-API-akademie produktivity a inovací [online] [Cit. 10.8.2012] <http://e-api.cz/page/70309.historie-teplomeru/>
- [3] Historie teploměru a stupnice [online] [Cit.10.8.2012] http://www.crr.vutbr.cz/system/files/prezentace_08_1206_3.pdf.
- [4] M. Kreidl, Měření teploty Senzory a měřící obvody, BEN, Praha 2005 240s. ISBN 80-7300-145-4
- [5] Linearizace-Linearizace.pdf [online] [Cit.10.8.2012] Dostupné z: <http://www.mti.tul.cz/files/zsr/Linearizace.pdf>.
- [6] Snímače teploty-současný stav a směry vývoje[online] [Cit.12.12.2012] Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34041
- [7] Untitled document Technologie výroby senzorů [online] [Cit.12.12.2012] Dostupné z: http://www.eamos.cz/amos/kat_fyz/externi/kat_fyz_6544/html/cidla/vyroba/vyroby.htm.
- [8] MRT-Mgr-03[online] [Cit.28.4.2013.] Dostupné z: <http://uprvs.vsch.tz/kminekm/mrt/predn/txt-Mgr/3-FPBT09-Teplota.pdf>
- [9] Odporové senzory teploty [online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/uceb/DATA/s_3_2_4.htm.
- [10] MSNV Senzory neelektrických veličin[online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/47533685/MSNV>.
- [11] Jak na přesné měření teploty[online] [Cit.28.4.2013] Dostupné z: http://pandatron.cz/?3499&jak_na_presne_mereni_teploty.
- [12] V. Lysenko, Detektory pro bezdotykové měření teplot, BEN, Praha 2005 160s. ISBN80-7300-180-2
- [13] Měření teploty [online] [Cit.28.4.2013] Dostupné z: <http://www.maryshfmmi.webzdarma.cz/mttd.htm>
- [14] PolyComp a.s.-dokumenty ke stažení[online] [Cit.2.2.2013] Dostupné z: <http://www.polycomp.cz/download.php?lang=cz&f=>
- [15] pohled-fyziky.pdf. [online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z: <http://sun-of-hope-topne-panely.sunofhope.cz/pohled-fyziky.pdf>.
- [16] ZOZEI-fototranzistory [online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z: <http://zozei.ssebrno.cz/fototranzistory/>
- [17] TG_4h, PDF (608.3 kB) pdf [online] [Cit.12.5.2013.] Dostupné z: tresen.vsch.tz/ufmt/cs/component/joomdoc/doc.../692-tg4h.htm.
- [18] Výpal keramiky dřevem[online] [Cit.12.5.2013] Dostupné z: <http://firing.wz.cz/zaromer.htm>.
- [19] Keramické centrum Doupě[online] [Cit.28.4.2013] Dostupné z: <http://www.kcdoupe.cz/cs/clanky/1/pouzivani-zaromerek/>

- [20] Zdravotní přístroje/teplomery/ [online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z:
<http://www.nakupujzdrave.cz/nakupujzdrave/eshop/9-1-ZDRAVOTNI-PRISTROJE/286-2-Teplomery/5/1023-Teplomer-celovy>
- [21] Pásmové pyrometry[online] [Cit.1.5.2013] Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28673
- [22] Termokamery odhalí vady konstrukcí[online] [Cit.26.5.2013] Dostupné z:
<http://www.ceskestavby.cz> > Bydlení, stavba, zahrada > Exteriér
- [23] Meranie teploty[online] [Cit.26.5.2013] Dostupné z:
<http://www.kam.sjf.stuba.sk/katedra/publikacie/edutrac/mtv/ucebnica/teplota/teplota07.pdf>

Seznam obrázků

OBR. 1 DUCHOVÝ TERMOSKOP - GALILEO GALILEI [1]	1
OBR. 2 RTUŤOVÝ TEPLOMĚR [1]	1
OBR. 3 DVOUVODIČOVÉ MŮSTKOVÉ ZAPOJENÍ [4]	1
OBR. 4 TŘÍVODIČOVÉ MŮSTKOVÉ ZAPOJENÍ [4]	1
OBR. 5 ZAPOJENÍ S PŘÍDAVNOU SMYČKOU [4]	1
OBR. 6 VÝROBA DRÁTKOVOU TECHNOLOGIÍ [7]	1
OBR. 7 VÝROBA TENKOVRSŤVOU TECHNOLOGIÍ [7]	1
OBR. 8 VÝROBA TLUSTOVRSŤVOU TECHNOLOGIÍ [7]	1
OBR. 9 SNÍMAČ PLÁŠŤOVÝ PRAVOÚHLÉ PŘIPOJENÍ	1
OBR. 10 SNÍMAČ S KERAMICKOU OCHRANNOU JÍMKOU	1
OBR. 11 SNÍMAČ PLÁŠŤOVÝ S RUKOJETÍ A PŘIPOJENÝM VEDENÍM	1
OBR. 12 SNÍMAČ ÚHLOVÝ S JÍMKOU	1
OBR. 13 TEPLOTNÍ ZÁVISLOST ČIDLA Pt100 [4]	1
OBR. 14 TERMISTOR	1
OBR. 15 TERMOČLÁNEK-ZAPOJENÍ [4]	1
OBR. 16 DRUHY PLÁŠŤOVÝCH TERMOČLÁNKŮ [4]	1
OBR. 17 PRINCIP PLÁŠŤOVÉHO SNÍMAČE [8]	1
OBR. 18 SCHÉMA VYSOKOTLAKÉHO PLYNOVÉHO KOTLE [14]	20
OBR. 19 ČIDLO Pt100	1
OBR. 20 UMÍSTĚNÍ ČIDLA Pt100	1
OBR. 21 REGULÁTOR TEPLoty JUMO dTRON08.1	1
OBR. 22 UZAVÍRACÍ KLAPKA SE SERVOMOTOREM	1
OBR. 23 ROZSAH VIDITELNÉHO SPEKTRA[15]	22
OBR. 24 SNÍMÁNÍ PYROMETREM[21]	1
OBR. 25 FOTOTRANZISTOR[14]	1
OBR. 26 PRAKTICKÉ SNÍMÁNÍ PYROMETREM[21]	1
OBR. 27 TERMOMETR	1
OBR. 28 INFRAČIDLO OS36-01-K-140F	1
OBR. 29 UMÍSTĚNÍ INFRAČIDLA	1
OBR. 30 OVLÁDACÍ PANEL PRŮMYSLOVÉ PRAČKY	1
OBR. 31 TEPLOTNÍ ČIDLO TEF16	1
OBR. 32 SNÍMAČ OTEPLENÍ ROZVADĚČE TERMOKAMEROU	1
OBR. 33 OTEPLENÍ ZÁSUVK [22]	1
OBR. 34 TEPELNÉ ÚNIKY NA OBJEKTU [22]	1
OBR. 35 KERAMICKÉ TĚLÍSKO PŘI ZVYŠOVÁNÍ TEPLoty [18]	1
OBR. 36 KERAMICKÉ TĚLÍSKO V PECI [18]	1
OBR. 37 ČELOVÝ TEPLOMĚR [20]	1