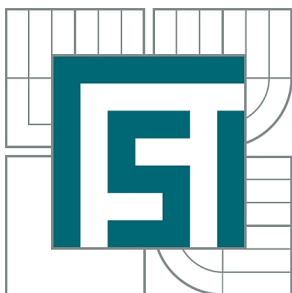


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

BEZKONTAKTNÍ MĚŘENÍ TEPLIT

CONTACTLESS TEMPERATURE MEASURING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

KRISTIÁN KUŽEL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK NĚMEC, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kristián Kužel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Bezkontaktní měření teplot

v anglickém jazyce:

Contactless temperature measuring

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Povrchové teploty některých objektů nelze měřit dotekovými čidly a je nutno použít bezdotykového (bezkontaktního) měření. To se týká hlavně objektů s vysokou teplotou, jejichž teplota se vyhodnocuje z vyzařovaného infračerveného záření (infrateploměry).

Cíle bakalářské práce:

Shrnout dosavadní poznatky o bezdotykovém měření teplot. Zpracovat přehled přístrojů pro měření vyšších teplot, včetně popisu jejich vlastností, zejména z hlediska použití v automatizaci procesů.

Seznam odborné literatury:

[1] Časopisy Automatizace, Automa, atd.

[2] Firemní dokumentace, dostupná na Internetu.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Němec, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce shrnuje dosavadní poznatky o bezkontaktním měření teplot v průmyslových aplikacích, věnuje se jednotlivým druhům měřicích přístrojů a obsahuje přehled trhu. Zaměřuje se především na stacionární přístroje používané v průmyslu. V závěru se věnuje výběru bezkontaktních pyrometrů a cenové stránce věci. Rozebírá rovněž problémy související s bezkontaktním měřením a možnostem, jak jim zabránit.

ABSTRACT

This work summarizes the existing knowledge of contactless temperature measuring in industry applications, deals with individual types of measuring devices and contains the market overview. The work focuses especially on stationary devices applied industrially. In the conclusion, it describes a selection of existing contactless pyrometers including a pricing overview. It also analyzes issues related to the contactless measurement and possible ways to prevent them.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezkontaktní měření, teplota, pyrometr, termokamera, infračervené záření, stacionární, čidlo, přehled trhu

KEYWORDS

Contactless measurement, temperature, pyrometer, thermal imaging camera, infrared radiation, stationary, sensor, market overview

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

KUŽEL, K. *Bezkontaktní měření teplot*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Němec, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, jenž je umístěn na konci této práce.

27. května 2010

.....
Kristián Kužel

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeněku Němci, CSc. za odbornou pomoc a konstruktivní připomínky. Své rodině za podporu.

Obsah:

	Zadání závěrečné práce.....	3
1	Úvod.....	11
2	Rozbor problematiky.....	13
2.1	Černé těleso.....	13
2.2	Zákony záření.....	13
3	Bezkontaktní měření teploty	15
4	Rozdělení pyrometrů	17
4.1	Širokopásmové pyrometry.....	17
4.2	Monokrystalické pyrometry.....	17
4.3	Dvoubarevné pyrometry.....	17
4.4	Termokamery.....	18
4.5	Stacionární přístroje.....	19
4.6	Ruční přístroje.....	19
4.7	Emisivita různých materiálů.....	20
4.8	Typické teplotní rozsahy aplikací.....	20
5	Čidla a vlnové délky.....	21
5.1	Klady a zápory teplotních čidel.....	21
5.2	Vlnové délky u různých aplikací (doporučené).....	22
6	Přehled trhu s přístroji.....	23
6.1	Přehled firem a dealerů v České republice.....	23
6.2	Ruční.....	24
6.3	Stacionární.....	28
6.3.1	Příklady provedení z výše uvedených systémových teploměrů.....	33
6.4	Termokamery.....	34
7	Doporučení a poznatky k průmyslovým aplikacím	37
7.1	Výběr bezkontaktního teploměru	37
7.2	Vlivy na měření.....	38
8	Závěr.....	39
	Seznam použité literatury.....	41

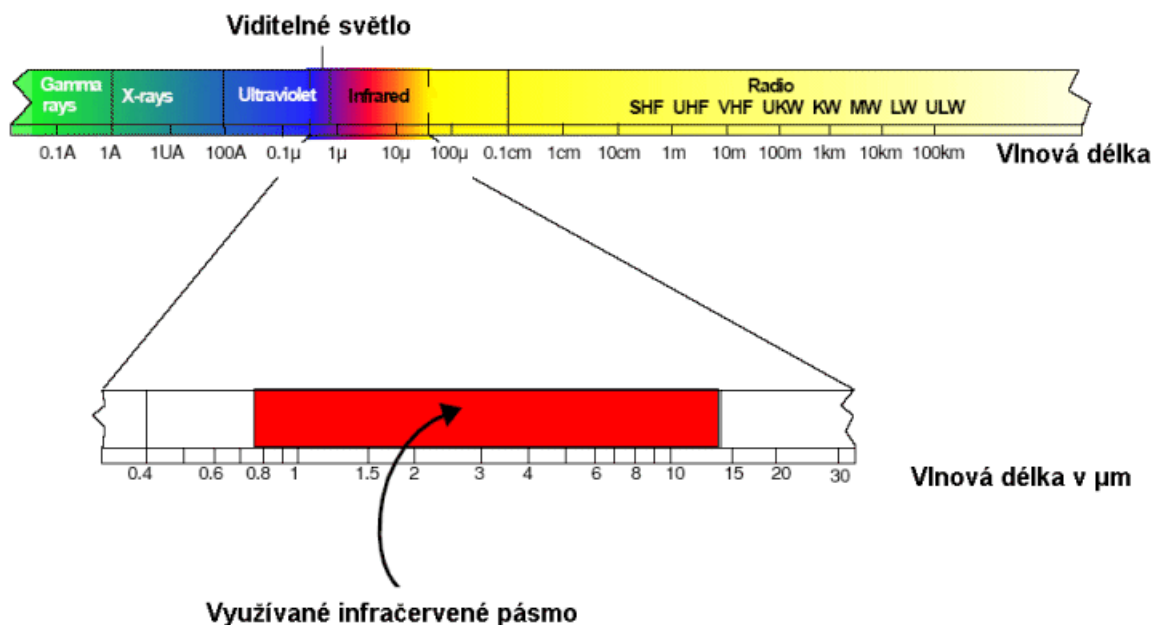
1 ÚVOD

Teplota je jednou z nejvýznamnějších veličin, které je nutno sledovat ať už průběžně, nebo v určitých předem stanovených intervalech téměř v každém výrobním procesu. Je také nejčastěji sledovanou veličinou, ať už z důvodů bezpečnostních, nebo k zachování stálé jakosti výrobků a vysoké produktivity [6].

V průmyslu se nejvíce setkáváme s kontaktním měřením teploty, které je ve stejné cenové relaci přesnější a levnější než bezkontaktní měření. Pro měření nízkých teplot využíváme standardně platinové teploměry Pt 100 (do cca 600 - 800 °C) a termistory, pro střední teploty hlavně termočlánky (do cca 1500 – 2000 °C). V poslední době se stále častěji setkáváme s bezkontaktním měřením, které se uplatňuje pro své široké možnosti využití [4], [6]. Vyšší teploty je totiž nutno měřit bezkontaktně. Tím se také zabývám ve své práci.

Bezdotykové, můžeme též říci bezkontaktní měření teplot (v literatuře se můžeme setkat s oběma způsoby označení), se stalo nepostradatelným pomocníkem nejen v automatizačních procesech v průmyslu, kde jsou nezbytné už kvůli měření vysokých teplot, ale i ve stavebnictví, kde se měří převážně úniky tepla z budov, v potravinovém průmyslu i jinde. Bezkontaktně se dnes provádějí revize elektrozařízení, měří se teplota surovin.

Bezkontaktní čidla pracují v oblasti infračerveného záření (obr. 1), které leží mezi 0,78 μm a 1000 μm a je okem neviditelné. V infračervené termometrii se užívá běžně pásmo o vlnové délce 0,7 μm až 14 μm [5].

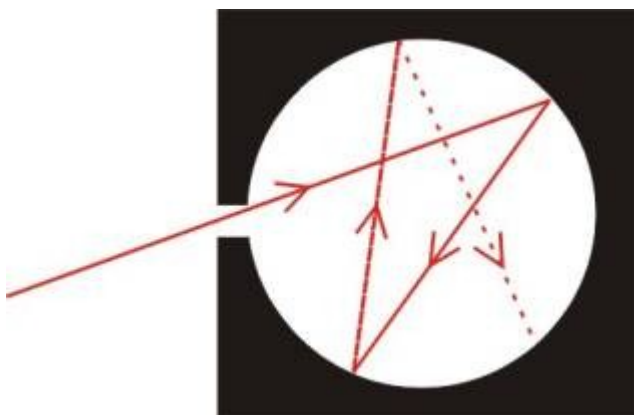


Obr. 1 Vlnová délka infračerveného spektra

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1 Černé těleso

Černé těleso je těleso, které dokonale pohlcuje dopadající záření a to při každém úhlu dopadu při libovolné spektrální záři a které naopak při každé vlnové délce vyzařuje maximální energii nezávisle na použitém materiálu. Zář černého tělesa je ve všech směrech v poloprostoru nad zářičem konstantní. Emisivita černého tělesa je $\varepsilon = 1$. Pro kalibraci pyrometrů se používá tzv. Černý zářič (obr. 2), jehož emisivita $\varepsilon \approx 1$. Černý zářič má hodnotu emisivity v rozsahu $1 > \varepsilon > 0,99$. Černý zářič je zdrojem záření pro kalibraci všech typů pyrometrů [1].



Obr. 2 Model černého zářiče

2.2 Zákoný záření

Emisivita je vyzařovací schopností tělesa. Je poměrem vyzařování tepelného zářiče k vyzařování ideálního zářiče (černého tělesa) při téže teplotě [1]. Pro absolutně černé těleso má emisivita hodnotu 1. Reálné těleso má emisivitu $0 < \varepsilon \leq 1$. Emisivita je bezrozměrná veličina.

Vzorec
$$\varepsilon = \frac{M}{M_0}$$

ε - emisivita

M - intenzita vyzařování tepelného zářiče

M_0 - intenzita vyzařování černého tělesa

Vztah mezi množstvím emitovaného záření, jeho vlnovou délkou a teplotou matematicky popisuje Planckův vyzařovací zákon, který je základem pro návrh všech infračervených (radiačních) pyrometrů a z jehož interpretace lze odvodit tři důležité poznatky. Emitované záření se spojitě mění s vlnovou délkou, při každé vlnové délce se emitované záření zvětšuje s rostoucí teplotou, spektrální rozložení emitovaného záření se mění s teplotou [1].

Stefan-Bolzmannův zákon nám udává intenzitu vyzařování pro danou teplotu v celém rozsahu vlnových délek.

$$\text{Vzorec} \quad M_0 = \sigma T^4$$

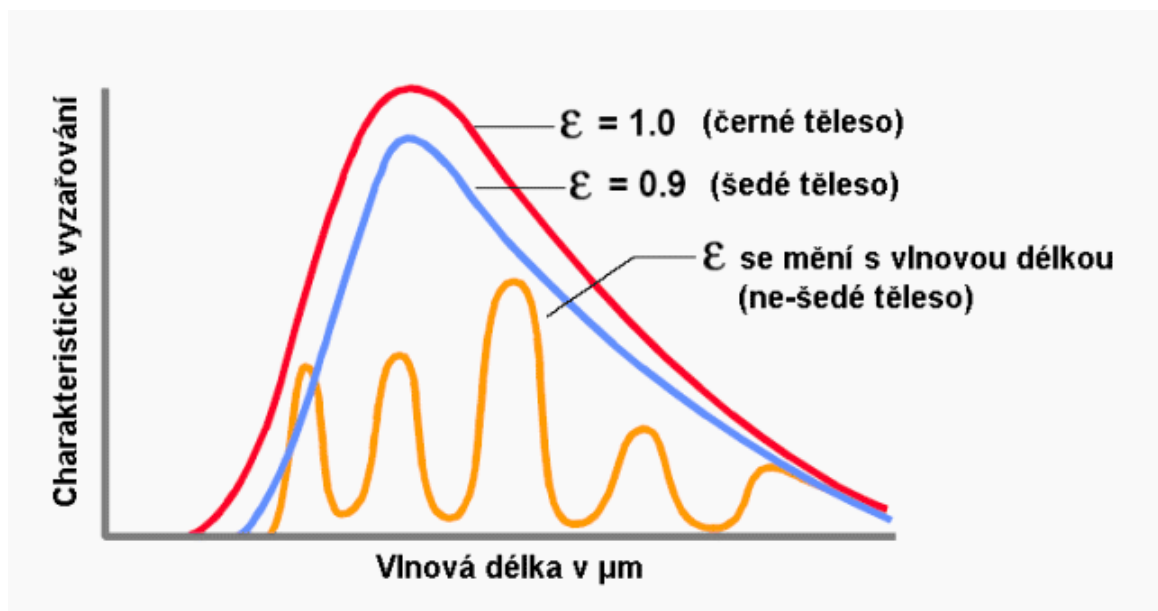
M_0 - intenzita vyzařování

σ - Stefanova-Boltzmannova konstanta. Její hodnota je $(5,67051 \pm 0,00019) \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

T - termodynamická teplota [K]

Černé těleso veškeré dopadající záření pohlcuje a to při jakémkoliv úhlu dopadu a libovolné vlnové délce. Zároveň je černé těleso ideálním zářičem. Vyzařuje maximální energii na všech vlnových délkách nezávisle na použitém materiálu [1].

Reálné objekty mají emisivitu menší než 1. Dělí se na šedá tělesa s emisivitou 0,9 – 0,95, která nezávisí na vlnové délce a na šedá (barevná) tělesa u kterých emisivita závisí na vlnové délce (obr. 3). Nemají vlastnosti absolutně černého tělesa a mohou být i částečně propustné. Příkladem nešedých objektů může být např. sklo nebo plastická fólie. V technické praxi někdy i tělesa nešedá zjednodušíme na šedá.



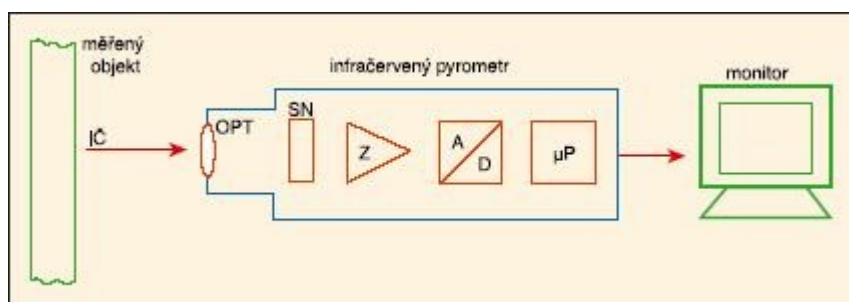
Obr. 3 Spektrální distribuce

3 BEZKONTAKTNÍ MĚŘENÍ TEPLOTY

Infračervené pyrometry jsou založeny na skutečnosti, že všechny formy hmoty vyzařují při teplotách vyšších než absolutní nula tepelné záření ve viditelném i neviditelném pásmu spektra. Infračervený pyrometr se zjednodušeně řečeno skládá z optické soustavy a detektoru (obr. 4). Zkoumaný objekt vyzařuje energii, kterou optický systém soustřeďuje do detektoru, jenž je citlivý na toto záření.

Různé materiály vyzařují v závislosti na vlnové délce a teplotě určité záření. Charakteristickou vlastností je emisivita – podíl intenzity vyzařování daného tělesa a intenzity vyzařování absolutně černého tělesa o téže teplotě. Po určení vlnové délky záření emitovaného objektem určí snímač pomocí rovnic popisujících vliv materiálu tělesa a vliv kvality jeho povrchu na infračervené měření jeho teplotu.

Hlavními výhodami bezdotykových teploměrů jsou velmi rychlá odezva měření, možnost měřit i vzdálené nebo pohybující se předměty, předměty, které špatně vdou teplo (plasty, dřevo) a předměty pod napětím. Bezkontaktní měření neovlivňuje teplotu měřeného předmětu, nezpůsobuje poškození měřeného objektu umístěním čidla a umožňuje měřit i vysoké teploty do 3 000 °C (dle modelu a provedení) [5].



Obr. 4 Blokové uspořádání infračerveného pyrometru [6]

IČ – emitované infračervené záření; OPT – optický systém; SN – infračervený snímač; Z – zesilovač; A/D – analogočíslíkový převodník; μP – elektronika s mikroprocesorem

4 ROZDĚLENÍ PYROMETRŮ

V této kapitole je použito literárních pramenů [2], [5]. V dnešní době se můžeme setkat s různým rozdělením bezkontaktních teploměrů. Já si vybral toto.

4.1 Širokopásmové pyrometry

Širokopásmové pyrometry jsou nejjednodušší a nejlevnější. Pracují s vlnovými délkami 0,3 μm až do 2,5 - 20 μm . Horní a dolní mez širokopásmého pyrometru je určena použitou optikou. Širokopásmové se nazývají proto, že měří podstatnou část tepelného záření vyzařovaného tělesem v běžném teplotním rozmezí.

4.2 Monokrystalické pyrometry

Monokrystalické pyrometry, které nazýváme také úzkopásmové pyrometry, pracují s úzkým pásmem vlnových délek. V přístroji je použitý pro vlnovou délku specifický detektor, který určuje spektrální citlivost přístroje. Například teploměr, který používá křemíkový detektor, bude mít vrchol citlivosti přibližně mezi 0,9 μm s horní mezí použitelnosti asi 1,1 μm . Takový přístroj se hodí pro měření teplot nad 600°C. Úzkopásmové přístroje obvykle používají pásmo menší než 1 μm . Využívají filtry, aby omezili svoji odezvu jen na vybranou vlnovou délku. Selektivní filtry vstupujícího záření dovolují dosažení vyšší přesnosti měření.

4.3 Dvoubarevné pyrometry

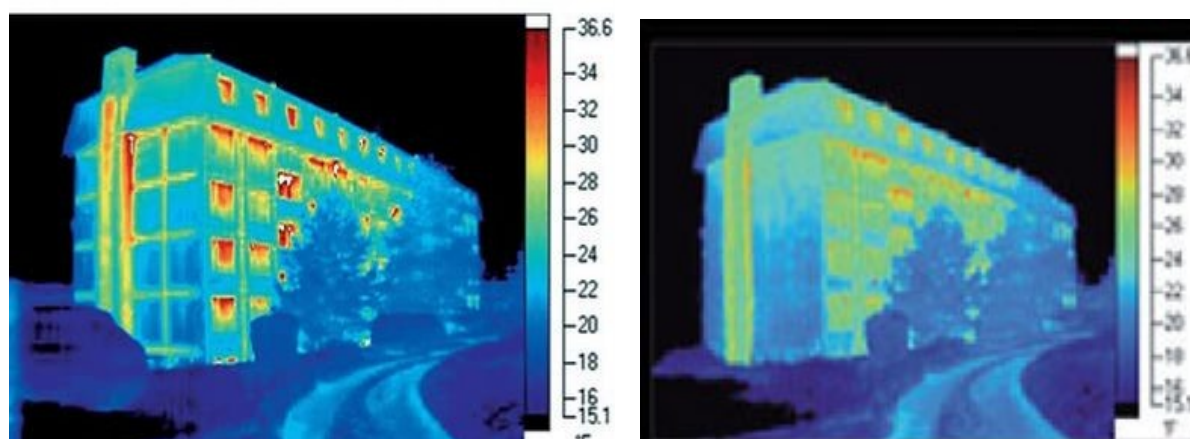
Emisivita má velký vliv na přesnost měření teploty pomocí infračervených teploměrů. Není překvapující, že byly vyvinuty a zkonstruovány snímače nezávislé na emisivitě měřených povrchů. Nejznámější z nich jsou tzv. dvoubarevné, někdy také nazývané poměrové pyrometry, které měří energii vyzařovanou objektem na dvou úzkých pásmech vlnových délek a vypočítávají poměr těchto energií, který je funkcí teploty objektu. Název dvoubarevné pyrometry vychází z toho, že dvě vlnové délky odpovídaly dříve dvěma různým barvám ve viditelném spektru.

Nezávislost na emisivitě je obrovská výhoda. Při měření teploty materiálu, u kterého se během měření emisivita mění nebo dokonce není známa, je použití dvoubarevného pyrometru nevyhnutelné.

4.4 Termokamery

Termokamery jsou výrazně dražší než infrateploměry. Začaly se rozšiřovat od poloviny 60 let, kdy byla jejich cena výrazně vyšší než dnes. Cena začíná na cca 70 000 Kč za jednodušší ruční modely. U vybavenějších přístrojů se pohybuje od 250 000 Kč do 500 000 Kč.

Využití termokamer je všestranné. V energetice je využíváme k revizi elektrických zařízení, například jističů, stožárů vysokého napětí (izolace) a transformátorů, včetně kontroly teploty transformátorového oleje. Dále se s nimi setkáme v průmyslu (kontrola mechanických strojů za chodu, defektoskopie), telekomunikacích (kontrola vysílačů a anténních systémů), stavebnictví (kontrola úniků tepla z budov) (obr. 5), potravinářství a zdravotnictví. Policie je používá například k hledání pohřešovaných osob, případně ke stíhání pachatelů. Hasiči termokamery využívají k vyhledávání skrytých ohnisek požárů či vyhledávání osob v zakouřených prostorách.



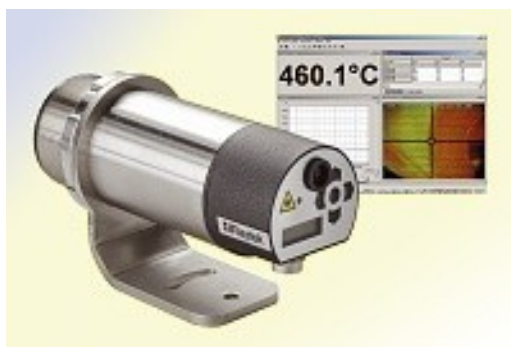
Obr. 5 Před zateplením a po zateplení

Použití / Funkce	Skupina	Teplotní rozsah
		[°C]
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	Dvoubarevné pyrometry	700 až 2 000
Snímání teplotního obrazu tělesa	Termokamery	–30 až 1 200

4.5 Stacionární přístroje

Stacionární přístroje jsou obvykle používány v místech, kde je nutno teplotu monitorovat kontinuálně. Napájeny jsou vesměs střídavým napětím a zaměřeny na jediný bod. Obvykle se skládají ze dvou částí. Jedna obsahuje optický systém a detektor a je spojena kabelem s druhou částí, která se skládá z elektroniky a displeje [5].

V průmyslových aplikacích volíme stacionární přístroje pokud je to možné.



Obr. 6 Stacionární pyrometr

4.6 Ruční přístroje

Slouží především pro jednorázové aplikace s jednoduchou obsluhou [3]. Ruční infračervené teploměry jsou napájeny bateriemi. Mají podobné vlastnosti jako stacionární přístroje, ale bez možnosti připojení na jiná zařízení (kromě výstupu na PC, záloha dat a podobně).

Nejčastěji se s nimi setkáváme v diagnostice, kontrole kvality a v bodovém měření kritických procesů. Přenosné přístroje můžeme dělit na pyrometry, dvoubarevné pyrometry a termokamery. Jejich použití je omezeno možnostmi člověka, tedy tam, kde je teplota a prostředí vhodné k pobytu člověka, tedy asi 10 °C až 40 °C. V extrémnějších podmínkách, kdy člověk použije ochranný oděv, je vhodné chránit také měřicí přístroj [5].



Obr. 7 Ruční pyrometr a termokamery

4.7 Emisivita různých materiálů

Emisivita je závislá na teplotě a na povrchové úpravě materiálu. Údaje v tabulce jsou tedy pouze orientační. Data v následujících tabulkách jsou čerpána ze zdroje [5].

Emisivita pro vybrané materiály a teploty		
Materiál	Teplota	Emisivita
	[°C]	
Beton	0 – 1093	0,94
Cín – neoxidovaný	25	0,04
Cín – neoxidovaný	100	0,06
Hliník - neoxidovaný	25	0,02
Hliník - neoxidovaný	100	0,03
Hliník - neoxidovaný	500	0,06
Hliník – oxidovaný	199	0,11
Hliník – oxidovaný	599	0,19
Hořčík	38 – 260	0,7 – 0,13
Hořčík – oxid	1027 – 1727	0,16 – 0,20
Chrom	38	0,08
Chrom	538	0,26
Chrom – leštěný	150	0,06
Kadmium	25	0,02
Kobalt – neoxidovaný	500	0,13
Kobalt – neoxidovaný	1000	0,23

4.8 Typické teplotní rozsahy aplikací

Typická teplotní rozpětí teploty	
Aplikace	Teplotní rozpětí
	[°C]
Textil, tiskárny, potravinářství, gumárenství, plastické hmoty, laminování, údržba	-50 - 1000
Biologie, zoologie, botanika, veterinární medicína, ztráty tepla, výzkum	0 – 500
Tenké plastové filmy, polyester, fluorokarbony, nízkoteplotní sklo	50 – 600
Sklo, keramické povrchy, tepelné zpracování, chlazení, zalévání, laminování	300 – 1500
Pece, měření teploty plamenů a horkých plynů	500 – 1500
Zpracování železných a neželezných kovů za tepla	250 – 2000
Horké a roztavené kovy, slévání, kalení, kování, žhání a indukční ohřev	600 – 3000

5 ČIDLA A VLNOVÉ DÉLKY

Různé podmínky, prostředí a měřené objekty si žádají odlišný postup měření. Čidla použitá v pyrometrech se liší svými vlastnostmi. Rovněž pro různé aplikace jsou obvyklé jiné vlnové délky. Dvě stejná tělesa mohou mít na dvou různých vlnových délkách odlišnou hodnotu emisivity. Je vhodné volit takové spektrální pásmo, u kterého bude emisivita co největší [2].

Vodnost použití jednotlivých čidel a vlnových délek ilustrují následující tabulky.

5.1 Klady a zápory teplotních čidel

Typ přístroje	Klady	Zápory
Infračervený termočlánek	Levný Samonapájecí Bez posunu(driftu) měření Připojení na displej standardního termočlátku a regulační zařízení Dosažení obtížně dostupných oblastí Vnitřní (jiskrová) bezpečnost	Nelineární výstup Ovlivnění elektromagnetickou interferencí
Infračervený pyrometr / Termometr pro dlouhé vlnové délky	Přenosný a praktický Levný od 5 000 Kč Vhodný nástroj pro údržbu	Použití limituje maximální délka kabelu sondy 1m
Infračervený pyrometr / Termometr pro krátké vlnové délky	Může zaměřit cíl téměř v jakékoli vzdálenosti Přenosný nebo fixní Kameře podobné ovládání, zaměření a měření, Nízká až střední cena od 7 000 Kč	Měří pouze fixní oblast na měřeném objektu Přesnost měření je ovlivněna kouřem, prachem apod. Ovlivnění elektromagnetickou interferencí
Vláknová optika	Práce v nepříznivých podmínkách, vysokoteplotním prostředí, vakuu nebo v nepřístupných lokalizacích Může obejít překážky k dosažení cíle Neovlivňuje se elektromagnetickou interferencí	Cena 30 000 – 50 000 Kč Fixní zaostření
Dvoubarevný pyrometr	Měří skrze prach, kouř a další kontaminanty v prostředí Nezávislý na emisivitě měřeného objektu	Vyšší cena 70 000 Kč za čidlo, 100 000 Kč display a ovládací zařízení
Linescanner	Jediný senzor, který provádí měření na celé šíři Kontinuální měření pohybujícího se produktu Počítač poskytuje termografické obrazy měřeného produktu a jeho teplotní profil	Vysoká cena cca od 200 000 Kč jen čidlo, 1 000 000 Kč kompletní systém

5.2 Vlnové délky u různých aplikací (doporučené)

Aplikace	Vlnová délka											
	[μm]											
				Dvoubarevně	Dvoubarevně							
	0,65	0,9	1	0,7 – 1,08 a 1,68	1,55 a 1,68	1,65	2	3,43	3,9	5	7,9	8 – 14
Hliník			•		•	•	•					
Asfalt										•	•	
Automobilový průmysl		•	•	•	•	•	•	•			•	•
Přístroje							•	•			•	•
Střelivo							•	•				•
Baterie							•					•
Cement	•	•	•	•			•		•		•	•
Konstrukční materiály							•			•	•	
Skleněná vlákna	•		•	•			•	•		•		•
Zpracování potravin							•	•				•
Slévárna	•	•	•	•			•					
Tavení skla	•	•	•	•					•			
Broušení a řezání skla									•	•		
Skleněné láhve		•							•	•	•	
Tepelné zpracování		•		•	•	•		•				
Indukční ohřev		•		•	•	•		•				
Výpalovací pece	•	•		•			•		•	•		•
Zpracování kovů		•		•	•	•		•				
Dolování				•								
Neželezné kovy			•		•	•		•				
Pece		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Papír							•			•	•	
Farmaceutický průmysl											•	
Plasty							•			•	•	
Plastové filmy								•			•	
Guma							•			•	•	
Polovodiče		•	•	•	•		•		•	•		
Ocel	•		•	•		•		•		•		
Textil							•	•			•	•
Služby				•							•	

6 PŘEHLED TRHU S PŘÍSTROJI

Na našem trhu jsou největšími dodavateli přístrojů pro bezkontaktní měření teploty Brněnská firma TSI System, která je dealerem firem Fluke, Raytek a Ircon a Karvinský Jakar Electronics, dealer firmy Omega.

Fluke je americká firma, která vyrábí nejen v USA, ale i Evropě (Velká Británie, Francie, Německo) a v Číně. Evropská centrála sídlí v nizozemském Eindhoven. Její součástí se staly firmy Ircon a Raytek. Firma Ircon byla založena v roce 1962 v americe. Zabývá se výrobou ručních a systémových bezkontaktních teploměrů pro řízení technologických procesů a pro termodiagnostiku. Je největším světovým dodavatelem bezkontaktních teploměrů. Roku 2002 se spojila s firmou Fluke.

Omega je americká firma založena roku 1962. Začínala výrobou jednoduchých termoelektrických článků. Nyní vyrábí a distribuuje distributora více než 40 000 výrobků.

6.1 Přehled firem a dealerů v České republice

Distributor v ČR	Adresa Distributora	Web distributora	Web firmy
Jakar Electronics spol. s r.o.	Jakar Electronics, spol. s r.o. Fryštátská 184 733 01 Karviná Česká republika	www.jakar.cz	www.omegaeng.cz
TSI systém s.r.o.	TSI System s.r.o. Mariánské náměstí 1 617 00 Brno Česká republika	www.tsisystem.cz	www.raytek.com www.fluke.com www.ircon.com

Následující tabulky obsahují přehled vybraných modelů největších firem na našem trhu a jejich nejdůležitější vlastnosti. Jednotlivé tabulky jsou tvořeny z podkladů [7], [8].

6.2 Ruční

Ruční bezkontaktní teploměry firmy Fluke

Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Foodpro	Fluke FP	- 30 až 200	2,5 : 1	LED světlo	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1 °C Rychlost měření do 500 ms Emisivita pro potraviny Navrženo podle směrnic HACCP
	Fluke Fp plus	- 35 až 275	2,5 : 1	LED světlo	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1 °C Rychlost měření do 500 ms Emisivita pro potraviny Navrženo podle směrnic HACCP Vykápěcí vpichová sonda
Fluke 60	Fluke 62	- 30 až 500	10 : 1	1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1,5 % nebo ± 1,5 °C Emisivita pevná 0,95 Rozlišení 0,2 °C Funkce MAX
	Fluke 63	- 32 až 535	12 : 1	1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita pevná 0,95 Rozlišení 0,2 °C Funkce MAX
Fluke 570	Fluke 572	- 30 až 900	60 : 1	3 bodový True Dot laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 0,75 % nebo ± 0,75 °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN
	Fluke 574	- 30 až 900	60 : 1	3 bodový True Dot laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 0,75 % nebo ± 0,75 °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť 100 naměřených hodnot
	Fluke 576	- 30 až 900	60 : 1	3 bodový True Dot laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 0,75 % nebo ± 0,75 °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Vestavěný digitální fotoaparát Paměť 100 naměřených hodnot a 100 fotografií
Fluke 560	Fluke 561	- 40 až 550	12 : 1	1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita přednastavená 0,3; 0,7; 0,95 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN, DIF
	Fluke 566	- 40 až 650	30 : 1	1 bodový laser	8 až 16 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1,00 v krocích po 0,01 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN, DIF, AVG
	Fluke 568	- 40 až 800	50 : 1	1 bodový laser	8 až 18 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1,00 v krocích po 0,01 Rozlišení 0,1 °C Funkce MAX, MIN, DIF, AVG

Ruční bezkontaktní teploměry firmy Raytek

Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Autopro	Raytek AutoPro	- 32 až 535	16:1	2 bodový zkřížený laser	8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Rychlost měření do 500 ms Emisivita pevná 0,95 Rozlišení 0,2 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX Podsvětlený displej
Raytek 3i	Raytek 3i LT	- 30 až 1200	75 : 1	1 bodový laser, optika	8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej
	Raytek 3i LR	- 30 až 1200	120 : 1	1 bodový laser, optika	8 až 14 μm	Pro měření malých cílů nebo z velké vzdálenosti Přesnost měření $\pm 1\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej
	Raytek 3i P7	10 až 800	25 : 1	2 bodový laser	7,9 μm	Pro měření tenkých plastových fólií Přesnost měření $\pm 1\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej
	Raytek 3i G5	150 až 1800	50 : 1	Optika	5 μm	Pro měření teploty skla Přesnost měření $\pm 1\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej
	Raytek 3i 2M	200 až 1800	90 : 1	1 bodový laser, optika, kombinované	1,6 μm	Přesnost měření $\pm 1\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej
	Raytek 3i 1M	600 až 3000	180 : 1	1 bodový laser, optika, kombinované	1 μm	Pro měření extrémně vysokých teplot Přesnost měření $\pm 0,5\text{ }%$ nebo $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^{\circ}\text{C}$ Funkce MAX, MIN, AVG, DIF Paměť pro 100 naměřených hodnot Podsvětlený displej

Ruční bezkontaktní teploměry firmy Omega

Skupina	Teplotní rozsah dle modelu [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
OS3750	300 až 3000			1,55 μm , nebo 0,9 μm	Přesnost měření $\pm 0,5\%$ + 1 digit Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1 Dvou a jednobarevné ruční infračervené pyrometry
OS200	-20 až 250	1 : 1 nebo 1 : 8	vizuální	6 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ čtení $\pm 1^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1 Jednoduché ruční infrateploměry
OS-500F, OS500C	0 až 260	3 : 1		8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ Emisivita 0,95 Jednoduchý infrasnímač s analogovým výstupem
OS540	-20 až 500	8 : 1	kruhové nebo bodové laserové	6 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 2^\circ\text{C}$ nebo $\pm 2\%$ ze čtení Emisivita 0,98 Velmi levný ruční infrateploměr
OS542	-20 až 500	12 : 1	kruhové nebo bodové laserové	6 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 2^\circ\text{C}$ nebo $\pm 2\%$ ze čtení Emisivita 0,98 Levné infračervené teploměry
OS545	-20 až 500	8 : 1	kruhový laser	6 až 14 μm	Přesnost měření dle rozsahu $\pm 1^\circ\text{C}$ nebo $\pm 0,2\%$ ze čtení Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Infračervený teploměr s kruhovým laserovým zaměřováním
OS546	-30 až 550	10 : 1	laser	6 až 14 μm	Přesnost: $\pm 2,0\%$ z údaje nebo $\pm 3^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Infrateploměr s laserovým zaměřovačem
OS561	-60 až 500	10 : 1	kruhový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření přístroje: $\pm 2\%$ z naměřeného údaje nebo 2°C platná je horší hodnota Emisivita 0,95 Levný ruční infrateploměr
OS562	-60 až 760	12 : 1	laser	8 až 14 μm	Přesnost: $\pm 2,0\%$ z údaje nebo $\pm 2^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 (Přednastavená 0,95) Levný infrateploměr s nastavitelnou emisivitou
OS-611, OS-612, OS-613, OS-614, OS-621, OS-622	-55 až 500			8 až 14 μm	Přesnost: $\pm 1,0\%$ z údaje nebo ± 1 digit Emisivita nastavitelná od 0,2 do 1 nebo pevná 0,95 Infrateploměry s optikou pro měření na krátké vzdálenosti
OS-650, OS-651, OS-652	-29 až 1093		laser	8 až 14 μm	Přesnost: $\pm 1,0\%$ z údaje nebo ± 1 digit Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Infrateploměr a měřič tepelné energie
OS-651	-29 až 1093	30 : 1 nebo 60 : 1	laser	8 až 14 μm	Přesnost: $\pm 1\%$ rdg $\pm 1\%$ 1 digit Emisivita nastavitelná od 0,1 do 0,99 Robustní přenosné infrateploměry
OS-PAL	-55 až 250	6 : 1	laser		Přesnost: $\pm 1^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,05 do 1
OS530 "E"	-30 až 871		kruhové nebo bodové laserové	8 až 14 μm	Přesnost: $\pm 1\%$ rdg Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Vylepšená verze přenosných infrateploměrů série OS530
OS530E-DM "E"	-30 až 870		kruhové nebo bodové laserové	8 až 14 μm	Přesnost: 1% čtení Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 OMEGASCOPE(tm) ruční infrateploměr s vestavěným měřičem vzdáleností

Ruční bezkontaktní teploměry firmy Omega

Skupina	Teplotní rozsah dle modelu [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
HHM290	-18 až 538	10 : 1	kruhové laserové	8 až 14 μm	Přesnost: 2% čtení Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Nová generace SUPERMETER™ s laserovým zaměřováním pro bezdotykové měření teploty
OS423-LS	-60 až 800	30 : 1	kruhové laserové	8 až 14 μm	Přesnost: ± 2°C nebo 2% rdg Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Levný a profesionální infračervený teploměr
OS425-LS	-60 až 1000	50 : 1	kruhové laserové	8 až 14 μm	Přesnost: V rozsahu 15 až 35°C: ± 1°C V rozsahu 35-1000: větší z hodnot ±2% odečtu nebo 2°C Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Profesionální infračervený teploměr s optikou 50:1 a magnetickým uchycením
OS523 a OS524	-18 až 2482		kruhové nebo bodové laserové	8 až 14 μm 2 až 2,5 μm	Přesnost: : ± 1% rdg Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Ruční vysokoteplotní infrateploměry
OS523E a OS524E	18 až 2482		kruhové nebo bodové laserové	8 až 14 μm 2 až 2,5 μm	Přesnost: : ± 1% rdg Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Ruční vysokoteplotní infrateploměry - nová vylepšená série
OSXL450	-20 až 320	6 : 1	kruhové nebo bodové laserové	7 až 18 μm	Přesnost: ± 2°C nebo 2% rdg Emisivita 0,95
OSXL680	-50 až 1000	30 : 1 nebo 50 : 1	kruhový laser	8 až 14 μm	Přesnost: 2% rdg (100 až 1000°C) Emisivita nastavitelná od 0,1 do 1 Výkonné ruční infračervené teploměry

6.3 Stacionární

Systémové bezkontaktní teploměry firmy Raytek

Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Compact	Compact CM	-20 až 500	13 : 01		7 až 18 μm	Přesnost měření $\pm 2\%$ nebo $\pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná 0,1 až 1,0 Rozlišení 0,5 $^\circ\text{C}$ Výstup typu J nebo K nebo 0 - 5 V
	Compact MI	- 40 až 600	2 : 1 nebo 10 : 1 nebo 22 : 1		8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ nebo $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Transmisivita nastavitelná od 0,100 do 1,000; Rozlišení 0,1 $^\circ\text{C}$; Funkce MAX, MIN, AVG; Záměnné hlavice senzoru Tlačítka pro výběr režimu a nastavení parametrů; Možnost digitální komunikace RS232 nebo RS485; Podsvětlený pomocný displej; Výstup 0/4 - 20 mA, 0 - 5 V nebo typu J a K
	Compact MIM	- 40 až 600	2 : 1, 10 : 1		8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ nebo $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Transmisivita nastavitelná od 0,100 do 1,000; Rozlišení 0,1 $^\circ\text{C}$; Funkce MAX, MIN, AVG; Teplota okolí hlavice senzoru až 85 $^\circ\text{C}$ bez chlazení; Záměnné hlavice senzoru; Speciální modely pro měření při zpracování skla a kovů; Výstup 0 - 5 V
	Compact GP	- 18 až 538	50 : 1	1 bodový laser, optika	8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ nebo $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,09 Pro měření nízkých teplot Optická hlavice se používá společně s kompaktním digitálním monitorem 1/8 DIN; Nastavitelné teplotní meze a signalizace jejich překročení; Optika ve standardním i speciálním provedení; Snadná výměna hlavice; Výstup 4 - 20 mA nebo termočlánekový
Thermalert	Thermalert TX	- 18 až 2000	33 : 1, 50 : 1, 60 : 1		2,2 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ nebo $\pm 1,4\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 $^\circ\text{C}$; Digitální komunikace přes převodník HART; V síti lze instalovat až 15 senzorů; Snadná dvouvodičová instalace Program pro dálkovou konfiguraci a monitorování; Výstup 0/4 - 20 mA
XR	XRx LT	-40 až 600	1 bodový laser, jen pro typy HSF a HCF2	Laser bodové, jen pro typy HSF a HCF2	8 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ nebo $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Rozlišení 0,5 $^\circ\text{C}$; Komunikace přes RS485 Možnost zapojení senzorů v síti Program pro dálkovou konfiguraci a monitorování; Výstup 0/4 - 20 mA, termočlánek K nebo J
	XRx MT	250 až 1200	1,25		3,9 μm	Přesnost měření $\pm 1\%$ Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Rozlišení 0,5 $^\circ\text{C}$; Komunikace přes RS485 Možnost zapojení senzorů v síti Program pro dálkovou konfiguraci a monitorování; Výstup 0/4 - 20 mA, termočlánek K nebo J

Systémové bezkontaktní teploměry firmy Raytek						
Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
XR	XR _x G5	250 až 1650	33 : 1, 50 : 1		5,0 μm	Přesnost měření ± 1 % Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Rozlišení 0,5 °C; Komunikace přes RS485 Možnost zapojení senzorů v síti Program pro dálkovou konfiguraci a monitorování; Výstup 0/4 - 20 mA, termočlánek K nebo J
	XR _x P7	10 až 350	30 : 1		7,9 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,100 Rozlišení 0,5 °C; Komunikace přes RS485 Možnost zapojení senzorů v síti Program pro dálkovou konfiguraci a monitorování; Výstup 0/4 - 20 mA, termočlánek K nebo J
Marathon	Marathon MM LT	- 40 až 800	70 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K; Rychlá odezva do 120 ms Velikost stopy od 1,1 mm Optické a laserové zaměřování Kompenzace záření pozadí Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video
	Marathon MM G5	250 až 2250	70 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	5 μm	Přesnost měření ± 1 % Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K; Rychlá odezva do 60 ms Velikost stopy od 1,1 mm Optické a laserové zaměřování Kompenzace záření pozadí Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video
	Marathon MM MT	250 až 1100	70 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	3,9 μm	Přesnost měření ± 2 % nebo ± 2 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K; Rychlá odezva do 120 ms Velikost stopy od 1,1 mm Optické a laserové zaměřování Kompenzace záření pozadí Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video
	Marathon MM 3M	100 až 600	70 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	2 až 2,6 μm	Přesnost měření ± 1 % nebo ± 5 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K; Rychlá odezva do 20 ms Velikost stopy od 1,1 mm Optické a laserové zaměřování Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video
	Marathon MM 2M	300 až 2250	160 : 1 nebo 300 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	1,6 μm	Přesnost měření ± 0,3 % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K; Rychlá odezva do 2 ms Velikost stopy od 1,1 mm Optické a laserové zaměřování Kompenzace záření pozadí Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video

Systémové bezkontaktní teploměry firmy Raytek

Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Marathon	Marathon MM 1M	300 až 3000	160 : 1 nebo 300 : 1	1 bodový laser, optika, CCD kamera	1 μ m	Přesnost měření $\pm 0,3$ % nebo ± 1 °C Emisivita nastavitelná od 0,100 do 1,150 Rozlišení 0,1 K, Rychlá odezva do 2 ms, Velikost stopy od 0,6 mm; Optické a laserové zaměřování, Kompenzace záření pozadí. Výstup 0/4 - 20 mA, relé, RS485, video
	Marathon MR	600 až 3000	44 : 1 až 130 : 1	1 bodový laser, optika	1 μ m	Dvoupásmový režim měření Přesnost měření $\pm 0,75$ % Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení 0,1 °C, Rychlá odezva do 10 ms, Vysokorychlostní digitální signálový procesor, Průhledové zaměřování, Kompaktní odolná konstrukce, Signalizace znečištění ochranného skla před objektivem Software pro kalibraci v terénu Výstup analogový 0/4 - 20 mA i digitální RS485, Programovatelný reléový signalizační výstup
	Marathon FA	250 až 3000	20 : 1 až 100 : 1	1 bodový laser, pomocné světlo	1 nebo 1,6 μ m	Přesnost měření $\pm 0,3$ % + 2 °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení $\pm 0,05$ °C, Funkce MAX, MIN, AVG, Rychlá odezva do 10 ms Ohniskové vzdálenosti od 100 mm Kompenzace záření pozadí Vnitřní displej, Vyměnitelný optický kabel, Výstup analogový 0/4 - 20 mA i digitální RS485, Programovatelný reléový signalizační výstup
	Marathon FR	500 až 2500	20 : 1 až 65 : 1	1 bodový laser, pomocné světlo	1 μ m	Dvoupásmový režim měření Přesnost měření $\pm 0,3$ % + 2 °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení ± 1 °C, Rychlá odezva do 10 ms Ohniskové vzdálenosti od 100 mm Kompenzace záření pozadí Odolnost do teploty 315 °C bez nutnosti chlazení, Signalizace znečištění čočky objektivu; Vyměnitelný optický kabel Výstup analogový 0/4 - 20 mA i digitální RS485, Programovatelný reléový signalizační výstup
	Marathon FA1G	750 až 1675	100 : 1	Pomocné světlo	5 μ m	Přesnost měření $\pm 0,3$ °C Emisivita nastavitelná od 0,10 do 1,00 Rozlišení $\pm 0,05$ °C, Funkce MAX, MIN, AVG, Rychlá odezva do 10 ms; Ohniskové vzdálenosti od 100 mm; Kompenzace záření, pozadí, Vyměnitelný optický kabel, Vnitřní displej, Výstup analogový 0/4 - 20 mA, sériový RS485, možnost vytvoření sítě až 32 detektorů; Programovatelný reléový signalizační výstup

Systémové bezkontaktní teploměry firmy Ircon

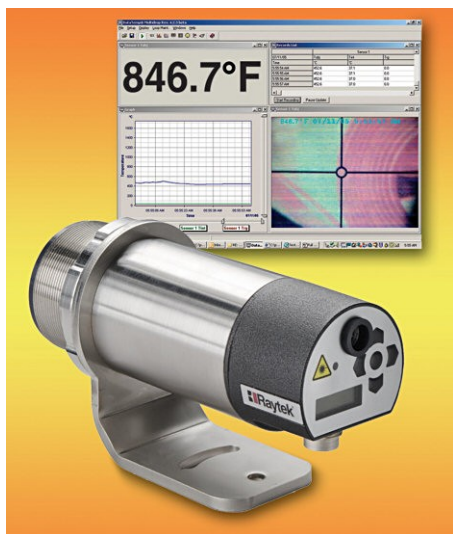
Skupina	Název	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Modline	Modline 3	25 až 3 500	50 : 1 až 300 : 1		0,7 až 7,92 μm	Přesnost měření $\pm 0,6 \% + 1$ Emisivita nastavitelná od 0,850 až 1,150 Rozlišení 0,1 % z rozsahu + 1 Komunikace přes RS485 Možnost zapojení senzorů v síti Elektronická jednotka pro zobrazování a řízení Výstup 0/4 - 20 mA, 0 až 10 VDC
	Modline 4	- 50 až 1 300	Standardní /vysoké/velmi vysoké rozlišení		2 až 14 μm	Přesnost měření $\pm 0,75 \%$ nebo 1,7 °C Emisivita nastavitelná od 0,1 až 0,99 Elektronická zobrazovací jednotka Dvou vodičové zapojení 4 až 20 mA Napájení 24 až 40 VDC Rozsah okolní teploty 0 až 60 °C
	Modline 5	50 až 3 000	až 240 : 1	optika, laser	0,75 až 2,8 μm	Přesnost měření $\pm 0,3 \% + 1$ °C Emisivita nastavitelná od 0,100 až 1,000 Externí elektronická zobrazovací jednotka Analogový výstup 0/ 4 až 20 mA Digitální komunikace přes RS485 Rozsah okolní teploty 0 až 55 °C
	Modline 6	250 až 3000	20 : 1 až 100 : 1	zaměřovací baterioý přípravek	1 nebo 1,6 μm	Přesnost měření $\pm 0,3 \% + 2$ °C Emisivita nastavitelná od 0,100 až 1,000 Jedobarevné nebo dvoubarevné měření Strmost pro dvoubarevné měření od 0,85 do 1,15 Rozlišení $\pm 0,05$ °C Rychlá odezva do 10 ms Ohniskové vzdálenosti 100 mm / 300 mm / ∞ Kompenzace záření pozadí Vestavěný displej Límeč pro vzduchové čištění optiky Integrovaný chladič pláště elektroniky
Maxline	Maxline 2	0 až 2 500	9 x 7° až 69 x 53		8 až 14 μm	Zobrazování dvourozměrných teplotních polí v reálném čase; 3 teplotní rozsahy Teplotní rozlišení (NETD) 0,1 °C Přesnost ± 2 °C nebo 2 % Analogový videovýstup PAL, 60Hz / NTS,C 60Hz; Digitální videovýstup 12 bitů Dálkové ovládání RS232 Teplota okolí 0 až 45 °C Hmotnost 2,95 kg

Systémové bezkontaktní teploměry firmy Omega

Skupina	Teplotní rozsah [°C]	Optika	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
OS550A	1370		laser volitelně	8 až 14 μm	Přesnost: ± 1 % ze čtené hodnoty Emisivita nastavitelná od 0,1 až 1 Průmyslový infrateploměr s vestavěným displejem a analogovým výstupem
iR2P a iR2C	300 až 3000	25 : 1	laser	0,8 až 1,7 μm	Přesnost 0,2 % z plného rozsahu Provozní teplota regulátoru: 0 až 50 °C Provozní teplota soustavy s optikou: 0 až 200 °C bez nutnosti chlazení Dvoubarevný teploměr s optickým přenosem v infračerveném pásmu vybavený PID regulátorem teploty
OS101	-18 až 538		laser volitelně		Emisivita nastavitelná od 0.1 do 1 Miniaturní levný infrasnímač s analogovým výstupem
OS101E	-18 až 538	1 : 6	laser	5 až 14 μm	Přesnost: ± 2 % ze čtené hodnoty nebo 2.2°C (podle toho, která veličina je větší) Emisivita nastavitelná od 0.1 do 1
OS102	-18 až 538	6 : 1	laser volitelně	8 až 14 μm	Přesnost: ± 2 % ze čtené hodnoty nebo 2.2°C (podle toho, která veličina je větší) Emisivita nastavitelná od 0.1 do 1 Miniaturní bezdotyková teplotní čidla/převodníky se zabudovaným LED displejem
OS1550-A	538 až 816 nebo 816 až 1371			0,91 až 1,05 μm	Průmyslové infrapřevodníky teploty s výstupem 4-20 mA
OS1600, OS1700, OS1800	-45 až 2500		optika	0,8 až 14 μm	Přesnost: ± 0,75 % v celém rozsahu Emisivita nastavitelná od 0.1 do 0,99 Infrasnímače s výstupem 4-20 mA
OS35	-30 až 1000	3 : 1 nebo 20 : 1		5,5 až 20 μm	Přesnost: OS35-3: ±1°C nebo 1% OS35-20: ±1,5°C nebo ±1,5% (±2% pro rozsah 0 do 1000°C) Infračervený teplotní senzor
OS35RS	0 až 100, 0 až 250, -30 až 70 nebo 0 až 500	1 : 2 nebo 4 : 1			Chytrý infračervený mikrotermočlánek. Dodatečná linearizace k nejmenším teplotním infračerveným snímačům na světě!
OS550	-18 až 1370		laser	8 až 14 μm	Přesnost ± 1% Emisivita nastavitelná od 0.1 do 0,99 Průmyslový infrateploměr s analogovým výstupem
OS550-BB	-18 až 1370		laser	8 až 14 μm	Přesnost ± 1% Emisivita nastavitelná od 0.1 do 0,99 Průmyslový infrateploměr s analogovým výstupem - OEM proveden
OS65	-57 až 500	3 : 1, 7 : 1, 15 : 1 nebo 24:1	vizuální	8 až 14 μm	Přesnost ± 0,5% Emisivita nastavitelná od 0.1 do 0,99 Průmyslové infrasnímače s analogovým výstupem - OEM provedení
OS66	800 až 1500	50:1 nebo 75:1	vizuální nebo laser volitelně	0,85 až 0,95 μm	Přesnost ± 1% Emisivita nastavitelná od 0.1 do 0,99 Vysokoteplotní infračervené teploměry
OS-SYST	-18 až 1370		laser volitelně	8 až 14 μm	Přesnost ± 1% Emisivita nastavitelná od 0.1 do 1 Systém pro průmyslové inframěření teploty se zapisovačem a regulátorem

6.3.1 Příklady provedení z výše uvedených systémových teploměrů

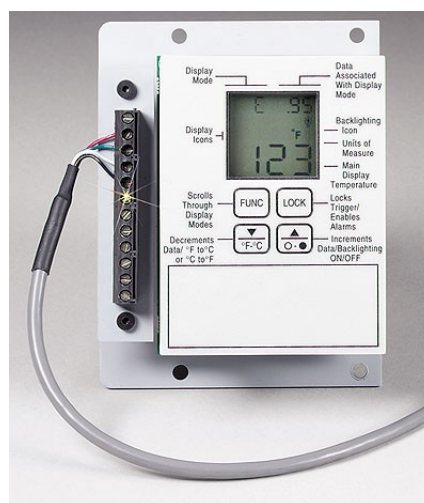
Obrázky převzaty z webových stránek [7], [8].



Obr. 8 Raytek – Marathon, XR



Obr. 9 Ircon – Modline 6, Maxline 2



Obr. 10 Omega – OS -SYST, OS550-BB

6.4 Termokamery

Termokamery

Název	Teplotní rozsah [°C]	Zorné pole	Zaměřování	Spektrum	Specifikace
Fluke Ti9	- 20 až 250	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 5 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,2 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke Ti10	- 20 až 250	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 5 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,2 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke Ti25	- 20 až 350	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,1 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke TiRx	- 20 až 100	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 5 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,1 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke TiR	- 20 až 100	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 5 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,1 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke TiR1	- 20 až 100	Objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,07 °C Paměť až pro 3 000 termogramů
Fluke Ti40FT	- 20 až 350	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,09 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke Ti45FT	- 20 až 600	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,08 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke Ti50FT	- 20 až 350	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,07 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke Ti55FT	- 20 až 600	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,05 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke TiR2FT	- 20 až 100	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,07 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke TiR3FT	- 20 až 100	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,07 °C Paměť pro 1000 termogramů
Fluke TiR4FT	- 20 až 100	Základní objektiv 23 ° (h) x 17 ° (v)	Displej, 1 bodový laser	8 až 14 μm	Přesnost měření ± 2 °C nebo ± 2 % Rozlišení displeje 0,1 °C Teplotní rozlišení ≤ 0,05 °C Paměť pro 1000 termogramů

Korónové termokamery

Název	Citlivost	Zorné pole	Zaostřování	Spektrum	Specifikace
Uvollé	3x10-17 W/cm ²	8 ° (h) x 6 ° (v)	Ručně	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom NE Paměť SD memory card, 1 000 obrázků
Day Cor® SUPERB	3x10-18 W/cm ²	5 ° (h) x 3,75 ° (v)	Automaticky	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost 0,5 m až nekonečno Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom digitální x2 a x4 Paměť Compact flash disk 2 GB, 2 hodiny videozáznamu
Day Cor® CLASSIC	3x10-18 W/cm ²	5 ° (h) x 3,75 ° (v)	Automaticky	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost 0,5 m až nekonečno Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom 25 x optický x 12 digitální Paměť externí, BNC konektor
Day Cor® RANGER	3x10-18 W/cm ²	5 ° (h) x 3,75 ° (v)	Automaticky	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost 3m až nekonečno Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom 25 x optický x 12 digitální Paměť externí, NTSC/PAL videovýstup
Day Cor® RAIL	3x10-18 W/cm ²	5 ° (h) x 3,75 ° (v) nebo 7,2°x 5,4°	Automaticky	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost 3 m až nekonečno Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom NE Paměť HD, digitální video, uživatelsky
Day Cor® ROM	3x10-18 W/cm ²	5 ° (h) x 3,75 ° (v)	Automaticky	250 až 280 nm	Měřicí vzdálenost 3 m až nekonečno Přesnost překrytí obrázků 1 mrad Zoom 25 x optický x 12 digitální Paměť externí, NTSC/PAL videovýstup

7 DOPORUČENÍ A POZNATKY K PRŮMYSLOVÝM APLIKACÍM

Závěry následujících kapitol jsou syntézou mých poznatků, které jsem získal studiem informací z internetu a doporučením literatury [2].

7.1 Výběr bezkontaktního teploměru

Při výběru pyrometru do průmyslového prostředí zvažujeme hlavně potřebný měřicí rozsah teplot, typ teploměru, ale i další věci. Pokud potřebujeme měřit teplotu bezkontaktně na jednom místě tak volíme stacionární přístroj. Oproti přenosnému nám poskytuje celou řadu výhod. Pevné spojení s počítačem, není zapotřebí obsluhy přímo u přístroje. Je vhodné volit odolný přístroj, který zvládá zvýšené nároky průmyslového prostředí na odolnost a trvalý provoz. Pyrometr musí být spolehlivý i za náročnějších podmínek (zvýšená teplota, prašnost). K průmyslovým přístrojům se dá dokoupit radiační štít chránící pyrometr před sálavým zářením, nebo ochranný kryt chlazený vzduchem nebo vodou. Je důležité, abychom udržovali provozní teplotu pyrometru v rozmezí udávaném výrobcem. Ofuk optiky je nezbytný, pokud pracujeme v prašném prostředí. I v relativně bezprašném prostředí je vhodné čistit optiku v pravidelných intervalech. Dynamické vlastnosti přístroje volíme úměrně k měřenému ději. Podstatné je správně zvolit vlnové délky měřicího přístroje, aby prostředí neovlivňovalo měření. Vzdálenost mezi měřeným objektem a pyrometrem by neměla přesahovat 5 metrů. Pyrometry používané v některých oblastech podnikání musí být ověřovány Českým metrologickým institutem, který zabezpečuje jednotnost a přesnost měřidel.

Pokud není možno instalovat stacionární přístroj, nebo pokud chceme měřit teplotu na více místech stejným přístrojem, tak volíme ruční přístroj. Tento by měl mít nastavitelnou optiku, kvůli možnosti měření různě vzdálených objektů a možnost propojení s počítačem z důvodu dalšího zpracování dat.

Nákup pyrometru je vhodné svěřit odborníkovi, který se danou problematikou zabývá. Jednoduché ruční s pevně nastavenou emisivitou a nevýměnným čidlem začínají na 1300Kč, složitější přístroje s nastavitelnou emisivitou a možností výměny čidla stojí až 45 000 Kč. Cena stacionárních přístrojů je závislá na vybavenosti přístroje. U průmyslových stacionárních přístrojů řádově vyšší cena, než u konvenčních. Čidlo stojí kolem 7000Kč, přístroj 70 000Kč.

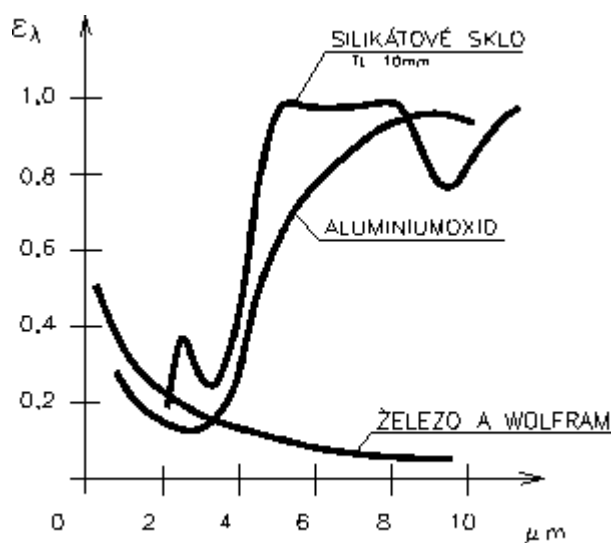
7.2 Vlivy na měření

Žádné reálné těleso se nechová jako ideální černé těleso. Musíme tedy co nejpřesněji odhadnout jeho emisivitu. Velice obtížné je měření objektu, který sousedí s dalším, ze kterého na náš měřený objekt dopadá záření. Pyrometr nedokáže rozlišit tyto dvě záření, sečte je a vychází nám pak vyšší teplota, než je skutečná. Problémy tohoto typu nastávají nejčastěji při měření lesklých povrchů. Pokud je to možné snažíme se vyhnout přímému dopadu slunečního záření, nebo i umělého osvětlení, které taky ovlivňuje přesnost měření. Obtížné je také měření polopropustných materiálů například skla.

Prostředí mezi pyrometrem a měřeným objektem obsahuje látky (plyny, vodní páru, prach), které absorbují záření z měřeného objektu. V těchto případech, je vhodné využít dvoubarevné pyrometry, které potlačují vliv emisivity na měření.

Nejvhodnější je zaměřit pyrometr kolmo k měřenému objektu. Ne vždy je to možné. Pokud snímáme povrch pod určitým úhlem, musíme počítat se změnou efektivní emisivity. Úhel snímání pyrometru by neměl být větší než 40 až 45 stupňů od normály k měřenému materiálu.

Emisivita je spektrálně a teplotně závislá. Stejný materiál může mít tedy na dvou různých vlnových délkách odlišné emisivity. Při měření tedy volíme takové spektrální pásmo, aby byla emisivita co největší.



Obr. 11 Závislost emisivity povrchu materiálu na vlnové délce, v níž je prováděno měření pro různé materiály

K nastavení správné hodnoty emisivity je vhodné použít tabulky. Pokud nemůžeme hodnotu emisivity pro daný materiál a jeho stav zjistit z tabulek, je zapotřebí zjistit, nebo odhadnout tuto hodnotu jinak. Můžeme proměřit vzorek ve specializované laboratoři, zvýšit emisivitu materiálu překrytím jeho povrchu černou páskou (vhodné zejména pro nižší teploty do cca 250°C), nebo můžeme zkontrolovat teplotu dotykovým měřidlem.

8 ZÁVĚR

Bezkontaktní měření teploty nám mnohdy ulehčí práci, musíme však zvážit, zda je opravdu nutné pro dané měření použít bezkontaktní teploměr. Pokud vycházíme z poměru ceny a přesnosti, za stejné peníze získáme samozřejmě přesnější výsledky při kontaktním měření, ne vždy je však možné. Při výběru přístroje na bezkontaktní měření teploty musíme zvážit mnoho hledisek. Jednak rozsah teplot, který potřebujeme měřit, dále zda nám stačí bodové měření klasickým pyrometrem (měření jedné látky, jednoho bodu), nebo potřebujeme měřit nerovnoměrnou teplotu na jednom tělese, nebo větší plochu (termokamery).

Dynamika měření u průmyslových aplikací požaduje vyšší nároky na odolnost, přesnost se kterou chceme, potřebujeme měřit, bezporuchovost a životnost. Od všech těchto aspektů se nám odvíjí cena. Nejlevnější jsou ruční pyrometry, dražší jsou stacionární a nejdražší jsou termokamery.

Výhodou bezkontaktního měření je zejména bezpečnost a mobilita měření. Pokud měříme ručním teploměrem, je daleko bezpečnější, v některých případech dokonce jedinou možností měřit bezkontaktně. Jedná se zejména o měření vysokých teplot, objektů pod napětím a podobně. Bezkontaktní teploměr neoblivňuje měřený objekt, umožňuje měřit předměty, které nejsou v klidu (rotující nebo jinak se pohybující). Tento způsob zjišťování teploty nám zároveň přináší i jistá omezení a komplikace oproti tradičnímu kontaktnímu způsobu měření. Jsou to zejména nejistoty měření způsobené špatným odhadem emisivity tělesa, prostředím mezi měřeným objektem a čidlem (prach mlha atd.). Dále nejistoty způsobené parazitním (odraženým) zářením. Tyto nejistoty se snažíme eliminovat pomocí co nejpřesnějšího stanovení emisivity měřeného povrchu tělesa (emisivitu vzorku materiálu změříme spektrometrem). Pokud je to možné, teplotu tělesa změříme kontaktním teploměrem a podle změřené teploty nastavíme emisivitu na pyrometru aby ukazoval stejnou teplotu jako kontaktní teploměr.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREIDL, Marcel. *Měření teploty - senzory a měřicí obvody*. Odpovědný a technický redaktor Libor Kubica. 1. vyd. Praha : Ben - technická literatura, 2005. 239 s. ISBN 80-7300-145-4.
- [2] SZERUDA, Rostislav. *Pyrometrie* [HTML dokument]. [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://pyrometrie.sweb.cz>>.
- [3] Automa : časopis pro automatizační techniku [online]. FCC Public, 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <www.automa.cz>.
- [4] KABEŠ, Karel. Snímače pro dotykové měření teploty – přehled trhu. *Automatizace [online]*. 2006, roč. 49, č. 7 - 8 [cit. 2009-04-15], s. 486. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/download.php?d=QXRtX0FydGljbGUscGRmX2FydCwxMzQ0>>.
- [5] OMEGA. *Zpravodaj pro měření a regulaci : Bezdotykové měření teploty*. 2. vyd. 83 s. 1. Dostupný z WWW: <http://www.omegaeng.cz/literature/PDF/techinfo_1.pdf>.
- [6] KABEŠ, Karel. Infračervené pyrometry – přehled trhu. *Automatizace [online]*. 2005, roč. 48, č. 9 [cit. 2009-04-25], s. 536. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/download.php?d=QXRtX0FydGljbGUscGRmX2FydCw4Mjc=>>.
- [7] Omega [online]. Jakar Electronics, 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.omegaeng.cz>>.
- [8] TSI system [online]. 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.tsisystem.cz>>.