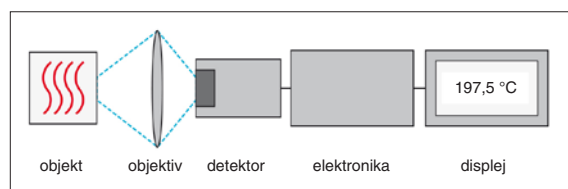


# Základy bezkontaktního měření teploty

Prostřednictvím našich očí vidíme svět ve viditelném světle. Viditelné světlo však tvoří pouze malou část z celého spektra záření, jehož většina je lidským očím neviditelná. V neviditelném záření je ale obsaženo mnoho informací.

## Měření teploty v infračerveném spektru

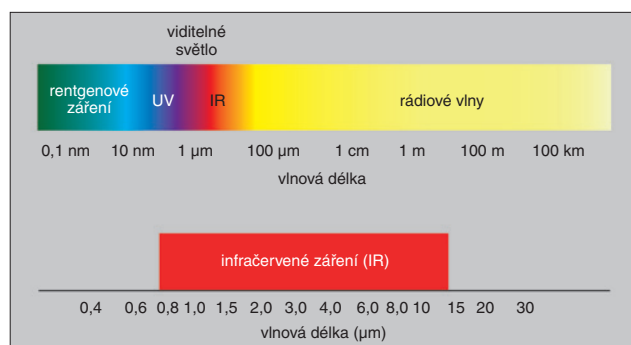
Každý objekt s teplotou nad absolutní nulou ( $-273,15\text{ °C} = 0\text{ K}$ ) vyzařuje ze svého povrchu elektromagnetické záření, jehož intenzita je úměrná čtvrté mocnině jeho termodynamické teploty (Stefanův-Boltzmannův zákon). Podle Wienova posunovacího



Obr. 1. Schéma infračerveného teploměru

zákonu ale jen velmi horké předměty vyzařují maximum energie ve viditelném spektru; s klesající teplotou se maximum intenzity posouvá k infračervenému záření. Proto se k měření běžných teplot používají infračervené teploměry.

Vstupní objektiv infračerveného teploměru zaostřuje paprsky z měřeného objektu



Obr. 2. Elektromagnetické spektrum s oblastí infračerveného spektra používaného pyrometry

na detekční prvek, jenž generuje elektrický signál úměrný intenzitě dopadajícího záření. Signál je zesílen a dále digitálně zpracován a přeměněn na výstupní signál úměrný teplotě objektu. Naměřená hodnota může být zobrazena na displeji nebo přenesena jako analogový výstupní signál do řídicího systému (obr. 1).

Infračervené záření pokrývá jen velmi malou část celého rozsahu elektromagnetického spektra (obr. 2): začíná na hranici viditelné-

ho světla ( $0,78\text{ }\mu\text{m}$ ) a končí na vlnové délce přibližně  $1\text{ }000\text{ }\mu\text{m}$ . Pro infračervené měření teploty je důležité rozmezí vlnových délek od  $0,7$  do  $14\text{ }\mu\text{m}$ , protože u větších vlnových délek, tj. u chladnějších těles, je vyzařovaná energie tak malá, že běžné detektory nejsou dostatečně citlivé pro její vyhodnocení.

## Absolutně černé těleso

Absolutně černé těleso je ideální objekt, který pohlcuje veškeré přichozí záření. Zároveň je to ideální zářič: ze všech těles vyzařuje při určité teplotě maximální možné množství energie. Absolutně černé těleso je také všesměrový zářič: intenzita záření je ve všech směrech stejná. Je podkladem pro pochopení fyzikálních základů bezkontaktního měření teploty.

Absolutně černé těleso je však jen ideální objekt. V praxi se mu blíží např. Slunce. V laboratoři lze černé těleso přibližně nahradit dutým tělesem s velmi malým otvorem. Přístroj s vlastnostmi blízcími se absolutně černému tělesu se pod názvem černé těleso používá v metrologii pro kalibraci infračervených teploměrů.

Reálná tělesa vysílají při dané teplotě méně záření než absolutně černé těleso. Poměr intenzity vyzařování reálného objektu a absolutně černého tělesa se nazývá emisivita ( $\epsilon$ ). Její hodnota se pohybuje mezi 0 (ideální zrcadlo) a 1 (absolutně černé těleso). Reflexivita ( $\rho$ ) je naopak poměr intenzity záření, které na předmět dopadne, k odraženému záření. Součet emisivity a reflexivity je téměř roven jedné. To, co zbývá, je transmisivita ( $\tau$ ) jako poměr intenzity záření, které vstupuje do prostředí, a intenzity záření, které z něj vystupuje – při měření teploty infračerveným teploměrem na vzduchu lze transmisivitu prostředí zanedbat. Platí:

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

Hodnota emisivity má při měření teploty pomocí infračerveného záření zásadní vliv. Její určení však není nijak jednoduché. Emisivita závisí na druhu materiálu, kvalitě povrchu, vlnové délce a často též na úhlu, pod nímž člověk měřený předmět pozoruje. Mno-



## INFRACERVENÉ SNÍMAČE TEPLoty A TERMOKAMERY

Jeden z nejširších výběrů infračervených snímačů teploty a termokamer

- Teplotní rozsah od  $-50$  do  $+1800\text{ °C}$
- Nízké ceny stacionárních a ručních teploměrů
- Různé typy snímačích hlav a výstupů
- Výstupy:  $4-20\text{ mA}$ ,  $0-10\text{ V}$ , CAN, Profibus, Ethernet, relé alarmy
- Speciální snímače pro sklo, kovy, keramiku, plasty a další
- Levné OEM snímače

Více informací o bezkontaktním měření teploty naleznete v článku na této straně.

[www.micro-epsilon.cz](http://www.micro-epsilon.cz)

MICRO-EPSILON Czech Republic  
391 65 Bechyně · Tel. +420 381 213 011  
info@micro-epsilon.cz

ho objektů z nekovových materiálů vykazuje velkou a relativně konstantní emisivitu, nezávislou na jejich povrchu, a to i při velkých vlnových délkách. Naopak kovové materiály obecně vykazují malou emisivitu, která silně závisí na druhu povrchu a která klesá se zvětšující se vlnovou délkou. Proto větší na výrobců infračervených teploměrů nabízí speciální přístroje pracující s určitou vlnovou délkou vhodnou k měření teploty konkrétních materiálů.

### Výhody bezkontaktního měření teploty

Bezkontaktní měření teploty je často jedinou schůdnou volbou pro měření teploty pohybujících se objektů, objektů velmi horkých a objektů v nebezpečných prostředích. Další předností ve srovnání s dotykovými odporovými nebo termočládkovými snímači je velmi rychlá odezva. Měření neovlivňuje měřený objekt, je to měření nedestruktivní, teploměr se měřeným médiem nijak neopotřebává a

měřit lze po velmi dlouhou dobu i v nepříznivých podmínkách.

### Kam pro další informace

Více informací o bezkontaktním měření teploty infračervenými snímači a celém sortimentu společnosti Micro-Epsilon zájemci najdou na [www.micro-epsilon.cz/temperature-sensors](http://www.micro-epsilon.cz/temperature-sensors).  
(MICRO-EPSILON Czech Republic, spol. s r. o.)

## Regulátory teploty Delta DT

Regulátory teploty řady Delta DT od firmy Delta Electronics využívají PID regulaci s automatickým nastavením parametrů a podporují komunikaci prostřednictvím sběrnice RS-485 s protokolem Modbus. Na jejich vstup lze připojit odporové i termočládkové snímače teploty, některé mají i vstup standardních analogových signálů. Výstup může být reléový, pulzní nebo analogový. Dodávány jsou v provedení k montáži do panelu i na lištu DIN.

### Regulátory DTA – základní provedení

Řada DTA (obr. 1) zahrnuje panelové regulátory v základním provedení. Mohou pracovat v režimech PID regulace (s automatickým laděním parametrů), dvoustavové regulace nebo manuálního ovládání. Na jejich vstup lze připojit jak odporové, tak termočládkové snímače. Teplota je vzorkována s periodou 0,5 s. Výstup akční veličiny je reléový (250 V AC, 5 A), pulzní napěťový (14 V DC, max. 40 mA) nebo lineární proudový (4 až 20 mA, zatížení do 600 W). Regulátory mají dvě skupiny alarmových výstupů, každou s třinácti režimy alarmů.

Na čelní straně jsou regulátory opatřeny dvouřádkovým displejem. Sedmisegmentové číslice, čtyři v každém řádku, zobrazují aktuální hodnotu (nahore, červeně) a požadovanou hodnotu (dole, zeleně) teploty ve stupních Celsia nebo Fahrenheitu. Na panelu jsou dále čtyři programovací tlačítka, jimiž lze regulátor nastavit. Tlačítka lze proti nechtěné či úmyslné změně parametrů uzamknout, a to buď zcela, nebo jen funkční klávesy (klávesy nahoru a dolů zůstanou funkční).

K dispozici je také proudový transformátor, který vyvolá off-line alarm, nastane-li proudové přetížení výstupu.

### Regulátory DTB – pro náročnější úlohy

Regulátory DTB (obr. 2) mají dvě sady parametrů regulátoru (obě s funkcí automa-

tického ladění) a dvojitý výstup akční veličiny. Lze je tedy využít např. k regulaci ohřevu i chlazení. Díky tomu je možné rychleji dosáhnout požadované teploty. Ve srovnání s regulátory DTA mohou být regulátory DTB



Obr. 1. Regulátory DTA – základní provedení



Obr. 2. Regulátory DTB pro náročnější úlohy

navíc vybaveny analogovým vstupem a lineárním napěťovým výstupem (0 až 10 V). Perioda vzorkování snímače teploty je 0,4 s (u analogového vstupu 0,15 s). Analogový vstup je možné využít např. pro regulaci průtoku nebo tlaku.

Na rozdíl od regulátorů DTA je v regulátorech DTB navíc vestavěn programovatelný

automat, který umožňuje programovat průběh požadované teploty, a to v osmi krocích (rampa, výdrž na teplotě). Tím je u jednodušších úloh zcela eliminována potřeba externí řídicí jednotky.

K dispozici jsou tři skupiny alarmů, každá s osmnácti alarmovými režimy.

Stejně jako regulátory DTA, i regulátory DTB jsou určeny pro zástavbu do panelu, mají uzamykatelná funkční tlačítka a mohou komunikovat protokolem Modbus ASCII nebo RTU.

K dispozici jsou i varianty s funkcí událost (event). V regulátoru mohou být uloženy dva programy regulace teploty, které se přepínají příchodem externího signálu nebo po vjevu z PLC. Další volitelnou funkcí je funkce ventil (valve), umožňující nastavit otevření ventilu podle žádané hodnoty.



Obr. 3. Regulátory DTC k montáži na lištu

### Regulátory DTD – cenově výhodné

Regulátory DTD byly vyvinuty pro jednodušší úlohy, kde vyhovují příznivým poměrem funkčních vlastností a ceny. Na rozdíl od regulátorů DTB mají jen jednu sadu parametrů PID regulátoru (nelze jimi regulovat současně topení i chlazení), na rozdíl od regulátorů DTA umožňují programovat průběh žádané hodnoty. Výstupy jsou reléové nebo pulzní napěťové. Regulátory DTD mají jen