

Detailný pohľad na technológiu infračerveného merania teploty

Existencia infračerveného vyžarovania bola potvrdená a objavená už v roku 1800 nemeckým astronómom Williamom Herschelom. Na začiatku výskumu sa infračervené vyžarovanie meralo nie celkom presne použitím hranola, ktorý dokázal rozptýliť slnečné svetlo. Počas mnohých rokov sa na meranie infračerveného vyžarovania objektov vyvinulo niekoľko technológií merania. Dnes je to jeden z často používaných spôsobov merania, ktorému sa venuje množstvo výrobcov. Avšak s touto technológiou merania súvisí niekoľko špecifických skutočností, ktoré treba zohľadniť pri rôznych aplikáciách.

Rozsah infračerveného žiarenia neviditeľného pre ľudské oko možno odvodiť na základe fyzikálnych zákonov optiky. Infračervené žiarenie možno skoncentrovať alebo rozptýliť pomocou šošoviek alebo vychýliť zrkadlom. Spektrum infračerveného žiarenia sa rozprestiera v rozmedzí $0,7 \mu\text{m}$ až $1\,000 \mu\text{m}$. Avšak medzi vlnovými dĺžkami 1 a $14 \mu\text{m}$ je meranie teploty pomocou infračerveného spektra zaujímavé práve preto, že v tomto rozsahu sa množstvo vyžarovanej energie správa lineárne.

Infračervené snímače teploty určujú energiu vyžiarenú z povrchu bez toho, aby sa ho dotkli. Preto možno realizovať rýchle a presné merania teploty pohybujúcich sa veľmi horúcich a ťažko dostupných objektov. Zatiaľ čo snímač teploty alebo snímacia sonda môže ovplyvniť teplotu meraného objektu a za určitých okolností ho aj zničiť či inak znegodnotiť, bezkontaktné meranie teploty zaručuje presné meranie. Infračervené snímače možno použiť aj pri veľmi vysokej teplote, pri ktorej by sa mohli kontaktné snímače alebo dotýkajúce sa sondy zničiť alebo by mali veľmi krátky interval servisných zásahov.

Infračervené snímače na automatizáciu procesov umožňujú spojiť monitorovanie teploty. Inteligentný digitálny systém umožňuje používateľovi vzdialené programovanie snímača, ako aj online prenos a záznam nameraných údajov.

Princíp infračerveného merania teploty

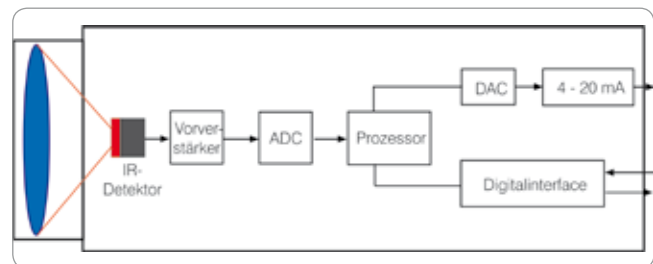
Infračervené žiarenie je emitované z každého povrchu, ktorého teplota je nad teplotou absolútnej nuly. Infračervený snímač zachytáva emitované žiarenie a nasmeruje ho na jeden alebo niekoľko detektorov. Energia infračerveného vyžarovania je v detektore premenená na elektrické signály, ktoré sú potom premenené na hodnotu teploty v závislosti od kalibrácie snímača a predpísanej schopnosti vyžarovania (emisivita). Na základe tohto vyhodnotenia možno nameranú teplotu zobraziť na displeji, poslať ako analógový signál alebo zobraziť na PC cez digitálny výstup.

Všetky povrchy emitujú infračervené vyžarovanie tromi rôznymi spôsobmi. Môžu emitovať vyžarovanie, odrážať ho z prostredia alebo prenášať ho cez seba. Ako sa jednotlivé činitele vzájomne ovplyvňujú, závisí od materiálu a meraného objektu. Avšak pre meranie je dôležité len emitované vyžarovanie. Vzťah medzi jednotlivými emisiami opisuje veličina nazývaná emisivita. To platí pre skoro všetky pevné materiály, cez ktoré neprechádza žiadne žiarenie, takže transmisivitu môžeme zanedbať a nahradiť nulou. Potom žiarenie, ktoré prichádza od meraného telesa sa skladá zo žiarenia emitovaného samotným telesom a odrazeného žiarenia, ktoré na objekt emitujú predmety nachádzajúce sa v jeho okolí, resp. majú na objekt priamu viditeľnosť (Slanko). Takže teraz je zrejmé, prečo leštené a lesklé povrchy majú pri relatívne nízkych teplotách omnoho vyššiu odrazenú zložku žiarenia ako emitovanú. Naopak objekty, ako oblečenie alebo čierne matné povrchy, odrážajú veľmi malú časť žiarenia a sú vhodné na bezkontaktné meranie teploty.

Akú intenzitu žiarenia vykazuje meraný povrch, závisí od jeho teploty a emisivity. Pri štandardných snímačoch teploty možno emisivitu nastaviť v rozsahu $0,1$ a $1,0$, čo umožňuje merať teplotu rozdielnych objektov.

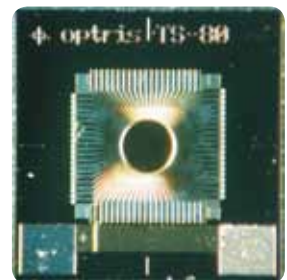
Konštrukcia infračervených snímačov

Infračervené snímače nie sú z hľadiska svojho konštrukčného vyhotovenia veľmi rozdielne. Z hľadiska rozlíšenia snímača a merania veľkosti bodu pre rôzne vzdialenosti je šošovka na snímanie infračerveného žiarenia, ktorá koncentruje emisie do detektora infračerveného žiarenia. Tým je daný aj vzťah medzi veľkosťou meracieho bodu a jeho vzdialenosti k snímaču. Detektor je zabudovaný priamo v snímači. Skladá sa z troch fyzicky oddelených prvkov. Na premenu vyžarovania na elektrickú energiu sa používa bolometer, súbor termočlánkov alebo kvantový detektor. Za ním je umiestnený zosilňovací modul a analógovo-digitálny prevodník. V závislosti od snímača je zabudovaná aj iná elektronika na úpravu a stabilizáciu signálu.



Obr. 1 Infračervené snímače sa najčastejšie skladajú zo šošovky, detektora a náležitej elektroniky

Bolometer je prvok, ktorý je citlivý na infračervené vyžarovanie a ktorý stanovuje vyžarované teplo pomocou zmeny svojho odporu. Termočlánky alebo tepelné prvky využívajú Seebeckov jav, pri ktorom sú dva alebo viaceré rozdielne kovy spojené v jednom bode. Ak sa v tomto mieste spoja vyskytne infračervené žiarenie, jednotlivé kovy sa začnú zahrievať rozdielnym spôsobom, čím vzniká elektrické napätie. Kvantové detektory pracujú na princípe využívania vzniknutých fotónov. Z toho sa začnú vytvárať elektrónové páry a generuje sa elektrický signál.



Obr. 2 Termočlánok TS80. Tepelné prvky vyrobené z bizmutu/antimónu sú zoradené okolo kruhového detektora

Jednou z dôležitých skutočností, ktorú treba zohľadniť pri meraní, je veľkosť cieľa. Aby sa dosiahlo čo najpresnejšie meranie, musí byť meraný objekt minimálne taký veľký ako merací bod. Ak sa to nedosiahne, snímač zachytí aj infračervené vyžarovanie pozadia, čím meranie stráca zmysel.

Rôzne zariadenia a snímače

Ručné zariadenia sú veľmi vhodné na rýchle, sporadické meranie objektov. Možno ich vziať k rôznym objektom, uchovať namerané hodnoty a neskôr ich sprístupniť na dokumentáciu. Často sa takéto zariadenia používajú pri údržbe a inšpekčných úlohách. V tejto oblasti sú k dispozícii rôzne výkonné triedy zariadení.

Najjednoduchšie zariadenie, napr. od spoločnosti Micro-Epsilon, má merací rozsah od $-32 \text{ }^\circ\text{C}$ do $+420 \text{ }^\circ\text{C}$. Merací bod zobrazuje



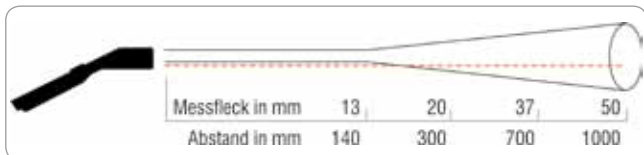
Obr. 3 Infračervené snímače od Micro-Epsilon sú dostupné v mnohých verziách. Pre každú aplikáciu sa nájdu tie správne

pomocou jednoduchého bodového lasera a je vhodný na štandardné merania. Naopak snímač s označením thermoMETER LS využíva štvorlúčový laserový kurzor, ktorý pre každú vzdialenosť vykresľuje reálnu veľkosť meracieho bodu. Obzvlášť je to výhodné pri meraní veľmi malých objektov.



Obr. 4 Laserové odmeriavanie ukazuje skutočnú veľkosť meracieho bodu – zariadenie thermoMETER LS

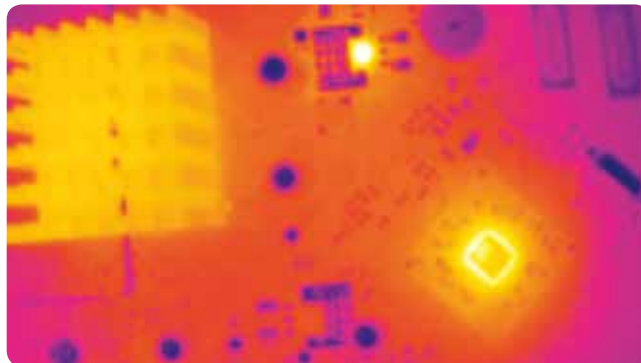
Stabilne upevnené snímače existujú v rôznych výkonových triedach a veľkostiach. Micro-Epsilon ponúka v tejto triede pre štandardné aplikácie snímač thermoMETER CS alebo CSmicro. Ide o miniatúrne snímače so zabudovanou vyhodnocovacou jednotkou. Ak možno merací bod vykresliť dvomi laserovými bodmi, používajú sa snímače radu thermoMETER Ctlaser.



Obr. 5 Pomer vzdialenosti a veľkosti meracieho bodu 20 : 1

Stabilne upevnené snímače sa vo všeobecnosti odlišujú podľa aplikácie, v ktorej majú byť nasadené. Pre extrémne rýchle procesy sú k dispozícii špeciálne verzie snímačov s veľmi rýchlou reakciou. K dispozícii sú aj snímače bez chladenia odolávajúce teplote okolia do 250 °C a snímače pre aplikácie výroby železa, ktoré využívajú príslušný rozsah vlnových dĺžok. Výrobca dodáva aj malé infračervené kamery určené na statické použitie pri aplikáciách zobrazovania teplotných polí.

V priemyselnom prostredí sa meranie teploty využíva veľmi často. Použitie infračervených snímačov prináša najlepšie výsledky pri aplikáciách, v ktorých je teplota dôležitým faktorom výrobného procesu. Prítom môže ísť o odhalenie porúch ložísk, monitorovanie



Obr. 6 Infračervený obraz plošného spoja v počítači. Prehrievané prvky sú zreteľne viditeľné

súčiastok v elektronickom priemysle, meranie teploty výrobkov v potravinárskom priemysle či valcovanie tabúl plechu za horúca. Bezkontaktné snímače teploty sú ideálne pre svoju rýchlu reakciu a pretože nijako neovplyvňujú meraný objekt.

Autor: Dipl.-Ing. Manfred Pfadt, Product Management thermoMETER, MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GmbH & Co. KG

Juraj Devečka

juraj.devecka@micro-epsilon.cz