

Meraniu teploty stále vládnu termočlánky

Teplota sa meria pomocou rozličných typov senzorov. Všetky tieto senzory odvodzujú teplotu meraním zmien fyzikálnych charakteristík. Šiestimi najbežnejšími typmi vyskytujúcimi sa v praxi sú tieto: termočlánky, odporové snímače a termistory, infračervené meranie, bimetalické meranie, meranie založené na princípe rozpínania kvapaliny a meranie na základe stavových zmien meraného materiálu.

Termočlánok

Termočlánok je snímač teploty vyrobený z dvoch rôznych kovov, ktoré sú na jednom konci spojené a na druhom voľné. Je zdrojom termoelektrického napätia, ktoré závisí od použitých kovov a od rozdielu teplôt na spojenom konci a voľných koncoch. Výstupné termoelektrické napätie je úmerné teplote, táto závislosť však nie je zákonite lineárna.

Odporové snímače (RTD – Resistance Temperature Devices)

Odporové snímače profitujú z toho, že elektrický odpor materiálu sa mení v závislosti od teploty. Dva druhy na tento typ merania sú kovové prístroje (označované ako RTD) a termistory. Odporové snímače označené ako RTD zaznamenávajú zmenu odporu v kove v lineárnej či nelineárnej závislosti od teploty. Termistory merajú teplotu na základe zmien odporu v keramickom polovodiči, pričom tu je závislosť nelineárna.

Infračervené meranie teploty

Tento typ merania je bezkontaktný a teplota sa odvádza na základe merania teplotnej radiácie vyžarovanej materiálom.

Bimetalické meranie

Meracie zariadenia tohto typu využívajú odlišné teplotné rozpínanie medzi rozdielnymi kovmi. Pásiky dvoch kovov sú spojené. Pri zahriatí sa jedna strana rozpína viac ako druhá, pričom výsledné ohnutie je transformované na teplotu ručičkou spriahnutou mechanickým prepojením. Prístroje tohto charakteru sú prenosné a nevyžadujú žiadne napájanie. Zvyčajne však nie sú také presné ako termočlánky alebo RTD.

Meranie založené na princípe rozpínania kvapaliny

Tieto teploměry sú známe aj z domácností v podobe ortuťových teplomerov. Vo všeobecnosti ide o všetky teploměry tohto charakteru, kde sa teplota meria na základe zmeny objemu kvapaliny v úzkej uzatvorenej pipete. Okrem ortuti, ktorá má tú nevýhodu, že je jedovatá, sa využívajú aj organické kvapaliny.

Prístroje pracujúce na princípe stavových zmien materiálu

Tieto senzory sa skladajú zo štítkov, guľiek, pastelu, glazúry alebo tekutého kryštálu, ktorých podoba sa mení, len čo sa dosiahne istá teplotná hranica. Svoje využitie nájdu napr. pri odvádzáčoch kondenzátu. Pri prekročení istej teploty sa biely bod senzorového štítku zmení na čierny. Reakčný čas je zvyčajne niekoľko minút, takže tieto senzory nie sú vhodné v aplikáciách krátkodobých zmien teplôt. Takisto sa vyznačujú relatívne nízkou presnosťou a navyše, stavová zmena je nezvratná, vynímajúc displeje z tekutých kryštálov. Na druhej strane môžu byť tieto typy senzorov veľ-

mi praktické v prípadoch, keď treba zistiť, či teplota nejakej časti zariadenia alebo materiálu neprekročila stanovenú hranicu, napr. pri preprave tovaru.

Čelo pelotónu

Nasadenie každého typu meracieho princípu sa líši od daného priemyselného odvetvia, avšak vo všeobecnosti by sa dalo povedať, že najčastejšie sa v priemysle vyskytujú termočlánky, odporové snímače a infračervené prístroje. Obzvlášť tieto tri druhy sa využívajú v chemickom priemysle. V každom prípade, aj medzi odbornou verejnosťou sa často vyskytuje nesprávna interpretácia princípu činnosti týchto prístrojov a niekedy dokonca mylný spôsob ich využitia.

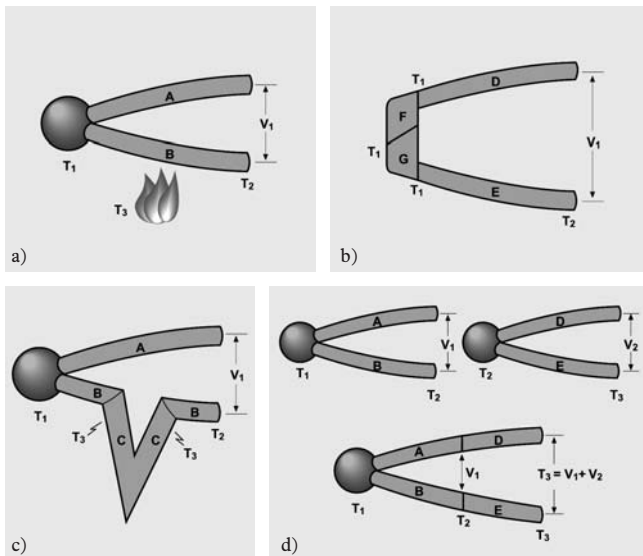
Termočlánok: Termočlánok je pravdepodobne najčastejšie využívaným typom merania teploty spomedzi vymenovaných troch princípov, ale zároveň aj najmenej pochopeným. V zásade je termočlánok zložený z dvoch zliatin spojených na jednom konci a voľných na druhom. Termoelektrické napätie na výstupe (voľný koniec, V_1 v obr. 1a) je funkcia teploty T_1 na spojenom konci. Nárast teploty spôsobuje stúpanie napätia. Termočlánok je často uložený v kovovom alebo keramickom puzdre, ktoré ho chráni pred nepriaznivými vplyvmi okolitého prostredia. Termočlánky v kovovom puzdre sú tiež k dispozícii s rôznymi typmi ochranných plášťov, ako je napr. polytetrafluoretylén proti korózii.

Termoelektrické napätie na voľnom konci nie je len funkciou teploty na spojenom konci (teplota v bode merania), ale aj teploty na voľnom konci (T_2 v obr. 1a). Výstupné termoelektrické napätie je priamou funkciou teploty T_1 iba v prípade, keď je T_2 udržiavaná na štandardnej teplote. Priemyselne akceptovaná štandardná teplota je $T_2 = 0$, preto sú mnohé tabuľky vytvorené za tohto predpokladu. V reálnej prevádzke je skutočná teplota T_2 korigovaná elektronicky priamo v meracom prístroji. Toto prispôbenie výstupného napätia sa označuje ako korekcia studeného spoja.

Zmeny teploty medzi oboma koncami neovplyvňujú výstupné napätie pod podmienkou, že vodiče sú zo zliatiny spoja alebo termoelektrického ekvivalentu (obr. 1a). Napríklad ak termočlánok meria teplotu v peci alebo kotle a samotný prístroj so znázornením teploty je vzdialený, vodiče by pokojne mohli prechádzať aj v blízkosti ďalšej pece a nemalo by to na výstupné napätie žiaden vplyv. Platí to však, samozrejme, len dovtedy, kým nedôjde k roz-taveniu vodičov alebo k trvalej zmene ich termoelektrických vlastností.

Kompozícia zliatinového spoja ako takého neovplyvňuje v žiadnom ohľade samotné meranie termočlánku, pokiaľ je teplota T_1 udržiavaná na konštantnej úrovni v celom spoji a materiál spoja je elektricky vodivý (obr. 1b). Podobne nie je snímanie teploty ovplyvnené vložením „netermočlánkovej“ zliatiny do ktoréhokol-





Obr.1

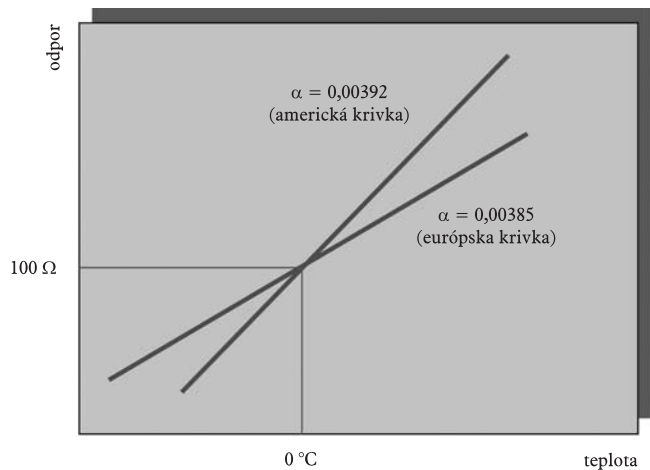
vek konca vedenia pod podmienkou, že teplota na oboch koncoch tohto vloženého materiálu je rovnaká (obr. 1c).

Schopnosť termočlánku pracovať s vloženým kovom v prenosovej ceste umožňuje využitie istého počtu špeciálnych zariadení, ako sú napríklad termočlánkové prepínače. Prenosové vodiče sú termoelektrickým ekvivalentom zliatiny termočlánku. Bezchybné pracujúci termočlánkový prepínač musí byť vyrobený z pozlátených alebo postríbených medených zliatinových elementov s vhodným oceľovým prvkom na zabezpečenie dobrého kontaktu. Pokiaľ je teplota na vstupe a výstupe spoja rovnaká, zmena v kompozícii nehrá žiadnu úlohu.

Treba mať na zreteli, čo môže znamenať tzv. zákon postupných termočlánkov. Z dvoch elementov znázornených v hornej polovici obr. 1d má jeden termočlánek teplotu T_1 na spojenom konci a teplotu T_2 na voľnom konci. Druhý termočlánek má teplotu T_2 na spojenom konci a teplotu T_3 na voľnom konci. Termoelektrické napätie termočlánku merajúceho T_1 je V_1 , podobne druhého termočlánku V_2 . Súčet oboch napätí sa rovná V_3 , čo je napätie, ktoré by bolo generované pri myslenom termočlánku pracujúcom medzi teplotami T_1 a T_3 . Pri zohľadnení tohto zákona platí, že termočlánek navrhnutý pre jednu referenčnú teplotu na voľnom konci je použiteľný aj pri inej teplote na jeho voľnom konci.

RTD: Typický odporový snímač je zložený z kvalitného platinového vodiča obtočeného okolo osky a potiahnutého ochranným plášťom. Oska a plášť sú väčšinou zo skla a keramiky. Základný sklon závislosti odporu od teploty pre RTD sa označuje ako α (obr. 2). Sklon krivky pre zadaný senzor závisí aj od čistoty platiny v ňom. Najčastejšie používaná štandardná hodnota α prislúchajúca platine s istým stupňom čistoty a kompozície je 0,00385 (za predpokladu, že odpor je v Ω a teplota v $^{\circ}\text{C}$). Závislosť pri tejto hodnote α je označovaná ako európska krivka, pretože RTD senzory v tejto kompozícii boli prvý raz použité práve na európskom kontinente. Existuje aj tzv. americká krivka, ktorej hodnota α je pri nepatrne odlišnej platinovej kompozícii 0,00392. Pokiaľ nie je hodnota α pre zadaný RTD špecifikovaná, zvyčajne ide o štandardnú hodnotu 0,00385. Každopádne sa odporúča si ju overiť, obzvlášť pri vysokých meraných teplotách. Na obr. 2 sú vyvedené obe krivky, európska aj americká, čo sú dva najpoužívanejšie RTD snímače. V grafe je vyznačená hodnota odporu aj pre teplotu 0°C .

Termistory: Závislosť odporu od teploty je pri termistoroch značne nelineárna. Tento fakt predstavuje veľký problém pre inžinierov navrhujúcich vlastnú sústavu obvodov. Tieto ťažkosti však možno zmierniť spárovanými termistorami, vďaka čomu sa neli-



Obr.2

nearity vzájomne vykompenzujú. Navyše výrobcovia ponúkajú panelové meracie prístroje a regulačné členy, ktoré interne kompenzujú nedostatočnú linearitu.

Základným parametrom termistorov je ich odpor pri teplote 25°C . Najčastejšie sa vyskytujúca hodnota je $2\,252\,\Omega$, bežne sa dá nájsť aj $5\,000$, resp. $10\,000\,\Omega$. Pokiaľ nie je bližšie špecifikované, väčšina prístrojov akceptuje hodnotu $2\,252$.

Infračervené senzory: Tieto senzory merajú radiáciu vyžarovanú povrchom materiálu. Elektromagnetická energia je vyžarovaná z každej látky bez ohľadu na jej teplotu. V mnohých procesoch sa energia nachádza v infračervenom pásme. S narastajúcou teplotou stúpa aj množstvo vyžiarenej energie. Rôzne materiály vyžarujú rozličné úrovne radiácie. Táto úroveň je kvantifikovaná ako emisivita a pohybuje sa v rozmedzí 0 až 1, resp. 0 až 100 %. Väčšina organických materiálov vrátane kože má vysokú emisivitu, pohybujúcu sa na úrovni 0,95. Väčšina lesklých kovov inklinuje naopak k tomu byť zlými žiaričmi. Pri izbovej teplote dosahuje ich emisivita bežne hranicu 20 % a nižšiu.

Na správnu funkčnosť potrebuje infračervený prístroj zohľadňovať emisivitu meraného povrchu. Tá sa dá vyhľadať v tabuľkách. Tabuľky však nie sú spoľahlivé v prípade špecifických lokálnych podmienok, ako je oxidácia a nerovnosti povrchu. Praktickou pomôckou, ako niekedy odmerať teplotu pri neznalosti emisivity, je vytvoriť z neznámej emisivity umelým zásahom známu emisivitu. Častou metódou je pokrytie meraného povrchu páskou (emisivita 95 %) alebo vysoko emisívnym náterom.

Niektoré senzory môžu snímať energiu vyžarujúcu nielen samotným cieľovým materiálom, ale aj energiu odrazenú od okolitého prostredia. V každom prípade, veľmi dobre emitujúce látky majú priaznivú vlastnosť, že odrážajú minimum energie okolia a opačne, slabo emitujúce materiály jej odrážajú citeľne viac. Preto je vždy nevyhnutné brať do úvahy aj odrazenú energiu okolia.

Infračervený merač prístroj je skoro ako kamera a tá má konkrétny uhol pokrytia snímanej scény. Pri snímaní povrchu meraného materiálu sa treba uistiť, že jeho celý povrch v čo najväčšej miere vyplní zorné pole prístroja. Pokiaľ to tak nie je, treba sa priblížiť k cieľu alebo použiť prístroj s užším zorným poľom, prípadne zobrať do úvahy aj teplotu pozadia a vykonať adekvátne nastavenie.

Zhrnutie

Odporové snímače sú stabilnejšie ako termočlánky. Na druhej strane ich merač rozsah nie je až taký široký. Odporové snímače pracujú v rozpätí teplôt -250 až 850°C , zatiaľ čo termočlánky od -270 do $2\,300^{\circ}\text{C}$. Termistory majú oveľa užšiu škálu, iba od -40 do 150°C , avšak na oplátku ponúkajú vysokú presnosť. Termistory a odporové snímače majú jedno výrazné obmedzenie. Sú

to odporové zariadenia a na základe svojho princípu činnosti preteká senzorom prúd. Napriek tomu, že tento prúd je relatívne malý, vytvára isté množstvo tepla, čím môže znehodnotiť presnosť celého merania. Toto samozahrievanie v odporových senzorech však môže byť citeľné pri meraní teploty stojatých kvapalín, pretože tu prebieha slabý odvod tepla. Tento problém nevzniká pri termočládkoch, ktoré neprodujú žiaden prúd.

Infračervené prístroje, hoci sú relatívne drahé, sú vhodné najmä v aplikáciách, kde sú vysoké merané teploty, až do 3 000 °C, čím výrazne prekračujú rozsah termočládkov alebo iných kontaktných metód. Infračervený princíp merania teploty je vhodný aj v prípadoch, keď nie je kontakt s meraným povrchom želateľný. Takto možno napr. monitorovať vlhké namaľované povrchy objektov vychádzajúcich z vypaľovacej komory. Ideálnymi kandidátmi na infračervené meranie teploty sú aj substancie, ktoré sú chemicky reaktívne alebo elektricky rušivé. Výhoda infračerveného princípu je zrejmä aj pri meraní rozľahlejších povrchov napr. stien, ktoré by inak vyžadovali veľký počet termočládkov alebo odporových snímačov.

www.omega.com

Branislav Bložon

