

Technická měření v bezpečnostním inženýrství

Čís. úlohy:

4

Název úlohy:

Měření teploty, měření vlhkosti vzduchu

Úkol měření

- a) Změřte teplotu topné desky IR teploměrem.
- b) Porovnejte měření teploty skleněným teploměrem, termočlánkem a odporovým teploměrem. Stanovte teplotní charakteristiku vybraných teplotních senzorů. Měřenou závislost zpracujte graficky. Stanovte časovou konstantu různých snímačů teploty.
- c) Změřte relativní vlhkost vzduchu pomocí Assmannova aspiračního psychrometru, dále pomocí odporového a kapacitního vlhkoměru, výsledky porovnejte. Uveďte, co je relativní vlhkost vzduchu.

Obecná část

Teplota je stavová veličina, která charakterizuje stav termodynamické rovnováhy. Jednotkou termodynamické teploty T je kelvin (K), což je 273,16 díl teplotního rozdílu mezi absolutní nulou a teplotou trojného bodu vody. Speciální diferenční termodynamickou teplotou je Celsiova teplota t udávaná ve stupních Celsiových ($^{\circ}\text{C}$), která je vzhledem k termodynamické teplotě posunuta podle vztahu

$$t = T - 273,15$$

V současné době se používá mezinárodní teplotní stupnice 1990 (ITS-90), která je definována v rozmezí teplot od 0,65 (K) do nejvyšších teplot v praxi měřitelných v podmínkách Planckova zákona při monochromatické radiaci.

Při měření teploty t měříme obecně jinou veličinu, která je na teplotě závislá podle vztahu $W = f(t)$, který jsme schopni vyčíslit.

Při měření teploty se využívá různých fyzikálních principů, například teplotní roztažnosti látek, změny elektrického odporu vodičů a polovodičů, vznik elektrického (termoelektrického) napětí apod. Teploměry dělíme do dvou základních skupin – dotykové (kontaktní) a bezdotykové (bezkontaktní).

V dotykových elektronických teploměrech je často jako senzoru teploty použit termočlánek (typu K, J, ...), teplotně závislý odpor (typu NTC nebo PTC) či platinový odporový senzor (Pt100 nebo Pt1000). Tyto senzory převádějí teplotu na elektrický signál. Charakteristika teplotních senzorů obecně není lineární, proto pro získání údaje o teplotě je nutné provést přepočítání změřené hodnoty (odporu, termoelektrického napětí, ...) na teplotu.

Měřená hodnota veličiny se obvykle neustále mění s časem. Při návrhu měřicího kanálu je velmi důležité znát parametry snímače související s časovou změnou vstupní veličiny – jedná se zejména o časovou konstantu snímače.

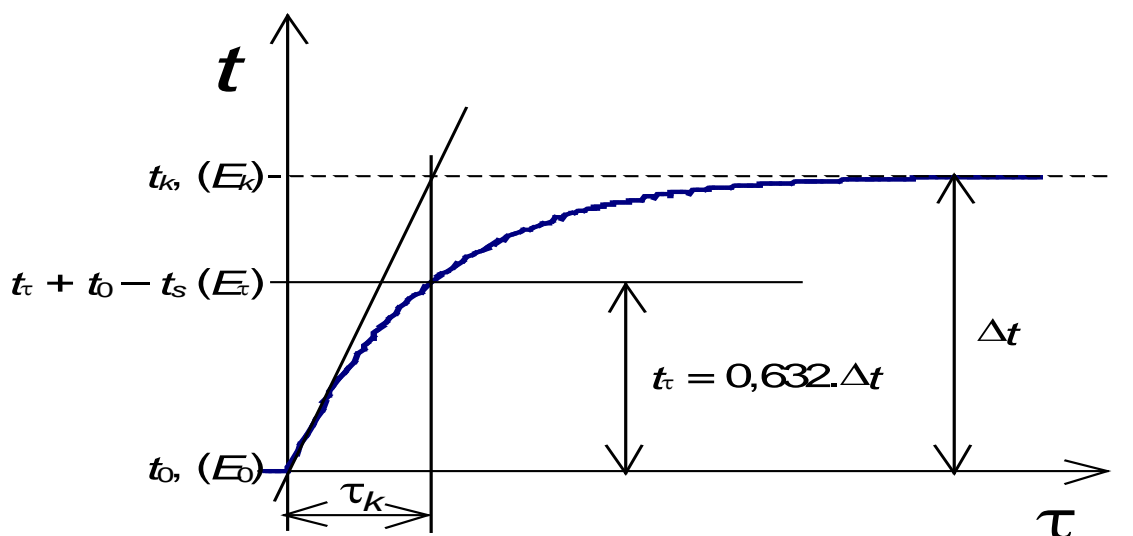
Dynamické vlastnosti snímačů se určují v přechodovém stavu, kdy se jejich výstupní signál ještě neustálil po skokové změně teploty prostředí. Diferenciální rovnice má tvar:

$$a_1 \cdot \dot{y} + a_0 \cdot y = x$$

resp.

$$\tau_K \cdot \dot{y} + y = k \cdot x$$

Přechodová charakteristika 1. řádu:



Časová konstanta u systému prvního řádu tedy odpovídá času, který je potřebný k dosažení přibližně 63 % ustálené hodnoty přechodného děje.

Vzduch obsahuje vždy ve svých dolních vrstvách vodní páry. Vodní pára se dostává do atmosféry vypařováním vody, rychlost vypařování závisí na teplotě. Čím je teplota vyšší, tím více molekul vody ji opustí. Podle množství vodních par určujeme *vlhkost vzduchu*. Vlhkost vzduchu se mění stejně jako teplota v průběhu dne i roku. Obsah vodní páry ve vzduchu je omezený. Vzduch se vodní parou nasatí a další vlhkost již nepřijímá. Konkrétní hodnota vlhkosti závisí především na teplotě a s rostoucí teplotou roste. Absolutní vlhkost vzduchu Φ udává hmotnost vodních par v 1 m^3 vzduchu.

$$\Phi = \frac{m}{v} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Relativní vlhkost vzduchu je možné určit z poměru tlaku vodní páry ve vzduchu za daných podmínek a tlaku syté vodní páry při teplotě suchého teploměru t , tedy

$$RH = 100 \cdot \frac{p}{p_w(t)}$$

Tlak vodní páry ve vzduchu za daných podmínek je možné určit ze vztahu

$$p = p_w(t_w) - A \cdot p_T \cdot (t - t_w)$$

kde

RH relativní vlhkost vzduchu

$p_w(t_w)$ tlak syté vodní páry při teplotě vlhkého teploměru t_w

$p_w(t)$ tlak syté vodní páry při teplotě suchého teploměru t

t teplota suchého teploměru ($^{\circ}\text{C}$)

t_w teplota vlhkého teploměru ($^{\circ}\text{C}$)

p_T celkový atmosférický tlak v daném místě

A psychrometrický koeficient (K^{-1}) – pokud není zadán, použijte $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

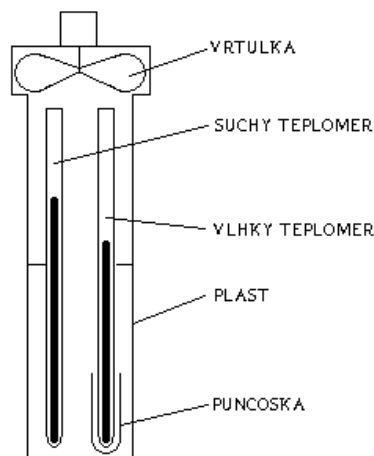
Hodnoty $p_w(t_w)$, p_T , p , p_T musí být vyjádřeny ve stejných jednotkách.

Pro výpočet $p_w(t)$ resp. $p_w(t_w)$ existuje řada vztahů, které vytvořil např. Goff Gratch, Bolton, Flatau, Clausius Clapeyron. Pro výpočet tlaku syté vodní páry při teplotách $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ až $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ s chybou menší než 1 ‰ lze použít vztahu

$$\ln p_w = 23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t}$$

Na základě uvedených výpočtů byly vytvořeny i psychrometrické tabulky, které usnadňují určení relativní vlhkosti vzduchu na základě změřené teploty suchého a vlhkého teploměru.

Popis Assmannova aspiračního psychrometru:



Použité přístroje

Ad a)

IR teploměr, Pt100 odporový teploměr TESTO 720, kalibrační topná deska OMEGA BB-2A,

Ad b)

Skleněný teploměr, NTC a PTC termistor, teploměr TESTO 935 s termočlánkem K o Ø 3 mm a 6 mm, 2 ks digitální multimetr METEX M3860D, laboratorní stojan s držáky, laboratorní magnetická míchačka s vyhříváním Heidolph MR3004 Safety, kádinky. Pro stanovení časové konstanty snímačů tři termočlánky K v jímkách s různým průměrem, snímač NTC v jínce a snímač NTC volně přístupný bez jímký – všechny tyto snímače s konektory ALMEMO, datalogger ALMEMO 2590.

Ad c)

datalogger ALMEMO 2590, vlhkostní a teplotní sonda ALMEMO FHAD462 obsahující CMOS senzor vlhkosti a Pt100 senzor teploty, měřič vlhkosti a teploty GMH 3350 se sondou TFS0100E obsahující kapacitní polymerový senzor vlhkosti a Pt100 odporový senzor teploty, Assmannův aspirační psychrometr, laboratorní stojan s držáky, laboratorní láhve se vzduchem s referenční relativní vlhkostí.

Postup práce

Ad a)

1. Změřte teplotu kalibrační topné desky BB-2A IR teploměrem. Zapněte topnou desku a na termostatu nastavte výchozí polohu v 1/3 vzdálenosti mezi druhou a třetí ryskou (ta je označena 100 °C) od polohy OFF nebo podle pokynu vyučujícího.

POZOR! Topná deska má vysokou povrchovou teplotu a může způsobit popáleniny, vznícení hořlavých předmětů a poškození předmětů sálavým teplem a to i po vypnutí (až do vychladnutí). Ve vzdálenosti do 10 cm od topné desky se nesmí nacházet žádné předměty. Nedotýkejte se topné desky a to ani po jejím vypnutí. Neponechávejte horkou topnou desku bez dozoru. Po vypnutí posuňte topnou desku tak, aby nedošlo k náhodnému kontaktu s horkým povrchem.

Topná deska je opatřena speciálním nátěrem s emisivitou 0,95. Nedotýkejte se topné desky, aby nedošlo k poškození nátěru.

2. Po ustálení teploty topné desky (měřené Pt100 odporovým teploměrem) proveďte změření teploty desky IR teploměrem. Měření proveďte při nastavení odpovídající emisivity na IR teploměru na hodnotu 0,95. Vzdálenost IR teploměru od topné desky volte tak, aby IR teploměr měřil nejmenší plochu (viz obrázek na boční stěně IR teploměru). V této vzdálenosti splynou oba body laserového zaměřovače do jednoho bodu, vzdálenost změřte a zaznamenejte. Měření 10 krát opakujte.
3. Postup podle bodu 1. ještě dvakrát opakujte pro nastavení regulátoru teploty topné desky vždy o 1/3 vzdálenosti mezi ryskami směrem k vyšší teplotě.
4. Změřené hodnoty zpracujte a graficky znázorněte.

Ad b)

1. V lázni proměřte teplotní závislost odporových teplotních senzorů - změřte závislost odporu termistoru na teplotě $R_T = f(t)$.
Požadovanou teplotu topné desky míchadla nastavte na 120 °C a lázeň nechejte za stálého míchání (cca 120 otáček/min) zahřívát po dobu 45 minut. Každých 5 minut odečtěte teplotu lázně na skleněném teploměru a změřte odpor odporových senzorů teploty typu NTC a PTC a teplotu lázně měřenou termočládky typu K s různým průměrem pouzdra.
2. Naměřené hodnoty vynesete do grafu, okomentujte rozdíly oproti předpokládanému teoretickému tvaru křivek.
3. Po ukončení měření podle bodu 1 stanovte časovou konstantu tří termočládkových snímačů a dvou snímačů NTC.
Na míchadle s topnou deskou nastavte požadovanou teplotu topné desky na 70 °C a vyčkejte cca 5 minut na ustálení teploty v lázni.
4. Snímače určené pro stanovení jejich časové konstanty připojte na datalogger ALMEMO – konektor s termočládky (zelené vodiče) na vstup M0 a konektor s NTC snímači na vstup M1. Vstupy M2 a M3 ponechte nezapojené.
5. Snímače rychle je vložte do lázně používané v bodu 1. tak, aby spodní konce jímek byly ponořeny přibližně do poloviny hloubky.
6. Po ustálení teploty termočládku v největší jínce (kanál 00 na dataloggeru ALMEMO), nejméně však po 3 minutách, vypněte záznam dataloggeru a odpojte všechny konektory.
7. USB kabelem připojeným do vstupu A1 propojte datalogger s PC (notebookem) a podle příloženého návodu stáhněte data z dataloggeru ALMEMO, uložte je ve formátu EXCEL a přepokopírujte na svůj flashdisk.
8. Sestrojte grafy závislosti teploty na čase a stanovte časovou konstantu jednotlivých snímačů. Výsledek okomentujte.

Ad c)

Postup stanovení relativní vlhkosti aspiračním psychrometrem vychází z ČSN ISO 4677-1:1996 Prostředí pro aklimatizaci a zkoušení – Stanovení relativní vlhkosti – Část 1: Měření aspiračním psychrometrem.

1. Přístroj připravte tak, že navlhčíte punčošku destilovanou vodou a natáhněte hodinový strojek pohánějící vrtulku (10 půlotáček natahovacím klíčem).

2. Pak zavěste přístroj na stojánek, uvolněte vrtulku a nechejte přístroj cca 3 minuty běžet.
3. Po uvedeném čase odečtěte teploty na obou teploměrech.
4. Z odečtených teplot na suchém a vlhkém teploměru určete jejich rozdíl a podle příložených tabulek stanovte relativní vlhkost vzduchu na měřeném místě.
5. Po ukončení měření pomocí psychrometru změřte relativní vlhkost vzduchu a teplotu při měření pomocí kombinovaných sond vlhkost-teplota ALMEMO a Greisinger. Naměřené hodnoty vlhkosti porovnejte a vysvětlete rozdíly.

Výsledky - tabulky naměřených hodnot